EMISION DE SEÑALES DE TV

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

EMISION DE SEÑALES DE TV



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-640-9 (Vol. 23)
D.L.: B. 19.990-1986

Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

Emisión de señales de TV

INTRODUCCION

Por su alucinante desenvolvimiento, la Electrónica ha llegado, en menos de treinta años, a ser una de las ciencias clave del mundo moderno (tal vez la más relevante). Revoluciona la vida cotidiana a través de las conquistas que realiza, adaptándolas a muchas aplicaciones, casi insospechadas por el gran público, pero de extrema utilidad.



La señal de televisión requiere enlaces a intervalos regulares, para llevar las emisiones desde los centros productores hasta el usuario. En la figura se presenta una vista interna del centro emisor de Javalambre de RTVE.

Nada se escapa a su influencia. Por medio del telescopio electrónico ha sido posible llegar a la valoración de magnitudes celestes, hasta ahora inconmensurables, establecer nuevos fundamentos a la astronomía, en tanto que en el extremo opuesto, ha proporcionado a los investigadores un microscopio que ha permitido la localización y estudio de bacterias de dimensiones inferiores a la billonésima de milímetro.

Si en el campo de la cirugía ha facilitado, en grado sumo, la realización de difíciles intervenciones, al conseguir el bisturí eléctrico, en el dominio de la exploración ha dotado a la clase médica de innumerables medios para detectar en su inicio dolencias que escapaban a las posibilidades científicas.

Su expansión ha llegado a ser tan amplia que cada día crea miles de puestos de trabajo en el mundo. Las estadísticas han puesto de manifiesto, de manera evidente, que el número de personas empleadas, en una sola nación, en las industrias electrónicas ha pasado de 30.000 en 1961 a 450.000 en 1982 y es fácilmente apreciable que, por lo menos, otras 200.000 han hallado ocupación o conseguido mayor desenvolvimiento en actividades que derivan o se relacionan con ella.

Sería pueril asignar a la técnica electrónica un papel especialmente destacado en una disciplina determinada, ya que la totalidad de ramas del saber humano y todas las actividades industriales y comerciales han recibido el beneficio de su aportación. La Electrónica ha contribuido de manera decisiva al auge de muchas industrias y se ha introducido, por derecho propio, en la totalidad de hogares, como factor, ya indispensable, por su eficaz ayuda en la casi totalidad de labores domésticas que antaño esclavizaban a la mujer.

Todo ello, determina que el hombre moderno que quiera mantenerse al nivel de su tiempo, se vea enfrentado con la necesidad ineludible de poseer conocimientos, lo más amplios posible, acerca del papel que desempeña esta ciencia en los momentos actuales y, a la par, compenetrarse con la evidencia de que por amplios que puedan parecer los objetivos alcanzados resultan, únicamente, un anticipo de las muchas realizaciones que se alcanzarán y, más concretamente, que se van logrando a diario.

LA TRANSMISION EN TELEVISION

La señal de video que se ha obtenido a través de la exploración de la imagen a transmitir, con el objetivo de transformar en variaciones eléctricas las distintas intensidades de luz de cada parte de la misma o de color en el caso de tratarse de una emisión en color, se transmite hacia los

receptores en los que se reconstituye la escena analizada, utilizando para ello la radiación electromagnética, que difunde ondas de alta frecuencia conseguidas incorporando los impulsos obtenidos que constituyen una onda modulada, a la onda portadora carente de modulación.

Es fácilmente apreciable que este modo de transmitir los impulsos generados por la emisora es análogo al empleado en radiodifusión ya desde sus primeros tiempos, con la salvedad del sistema denominado en *circuito cerrado* que requiere el empleo de conductores que relacionen el transmisor con el receptor el cual sigue en plena vigencia en aplicaciones industriales.



La transmisión internacional de televisión, se regula mediante organismos que agrupan a diferentes cadenas de televisión, para intercambiar información entre sus miembros. Eurovisión es uno de estos organismos.

No obstante, a pesar de tal semejanza se aprecian notables divergencias entre la transmisión de señales estrictamente de audio y las de video, tanto por el hecho de que en televisión las imágenes deben ir acompañadas necesariamente de sonidos en perfecta *sincronización*, como por la mayor exigencia técnica que supone la transmisión de imágenes frente a los sonidos.

SINCRONIZACION

Coincidencia absoluta entre dos fenómenos que es necesario se produzcan de manera simultánea. Como ejemplo indicaremos: oscilaciones entre dos péndulos, entre la imagen y el sonido en una transmisión, así como entre una emisora y los receptores que captan su radiación.

CALIDAD TECNICA DE LAS IMAGENES

Un sistema de transmisión de videofrecuencia, para ser conceptuado como satisfactorio, debe cumplimentar varios requisitos. Es necesario que la *definición* de la imagen transmitida sea adecuada y, para lograrlo, se requiere que al analizarla el número de puntos elementales explorados por unidad de superficie sea lo más elevado posible.

DEFINICION

Mayor o menor precisión en los detalles de una imagen; en la técnica de video se consigue mediante la exploración de una cantidad más elevada de líneas de la escena que se transmite. Así, la exploración de 625 líneas define mejor una imagen que la de 525 líneas y, lógicamente, la de 819 es más aconsejable. No obstante, existen inconvenientes de tipo comercial que impiden la adopción de valores elevados. Se espera que llegue a ser un hecho la definición en 1125 líneas que se halla en vía de ensayo empleando circuitos simplificados.

En el caso de la televisión en blanco y negro se hacen indispensables varias condiciones:

1) Una correcta reproducción de los contrastes, puesta de manifiesto por los niveles relativos del color blanco en su relación con el negro y la infinita gama de los grises. En lo que atañe a la televisión en color es necesario lograr una fidelidad lo más rigurosa posible en la reproducción de los colores originales de la escena que se transmite.

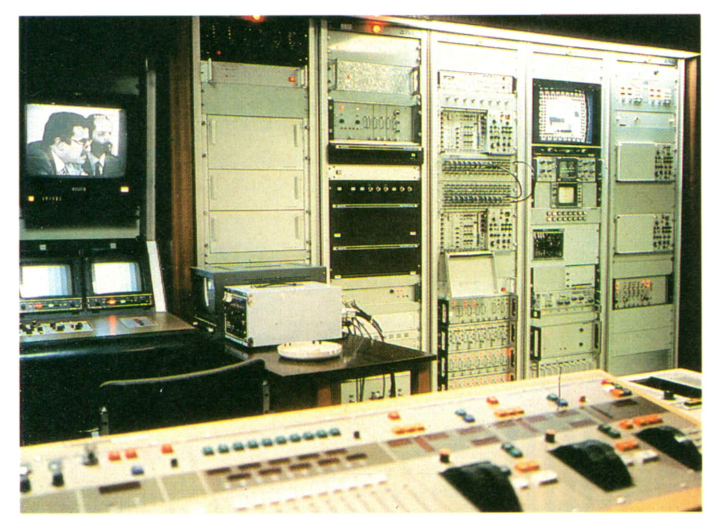
2) Ha de lograrse la plena estabilidad de la imagen, conseguida a base de una adecuada técnica exploratoria que se pone de manifiesto al reconstruirse con plena fidelidad en la pantalla del televisor.

3) Mantenimiento a imperceptible nivel de todas las señales parásitas, bien se trate de ruido de fondo, ecos motivados por ondas reflejadas, «fading», interferencias o perturbaciones, bien sean de origen atmosférico o industrial.

4) Absoluta semejanza en la forma geométrica de las imágenes que no deben tener ningún tipo de deformación.

FRECUENCIA DE LA MODULACION

Con miras a cumplimentar estas condiciones, que cabe calificar como mínimas para lograr una recepción irreprochable, ha sido preciso adoptar una elevada frecuencia de la



Los estudios de televisión están dotados de numerosos equipos para controlar la emisión de señales, y para que ésta se efectúe con los niveles adecuados de audio y video. Los técnicos deben verificar cada una de las señales emitidas, efectuando los oportunos controles de salida. (Cortesía: TVE).

modulación de la onda que se superpone a la portadora. Existe una notable diferencia entre una onda modulada en la técnica de radio y la que se utiliza en video, al apreciar que en radiodifusión no se rebasa el límite de los kHz (o MHz en FM) en tanto que en televisión se actúa dentro de valores que, en la totalidad de los casos, rebasan el valor de varios MHz o sea mil veces mayor.

Se pone de manifiesto la necesidad de esta amplitud de banda sabiendo, que el poder separador del ojo requiere,

para lograr una captación adecuada de la imagen, hasta 800 cambios de tonalidad en el transcurso del examen de una sola línea correspondiente a la anchura de la pantalla.

La norma internacional adoptada en España, Italia, Austria, Suiza y la casi totalidad de naciones europeas, tiene como características más destacables una frecuencia de barrido horizontal de 15.625 Hz, que corresponden a una frecuencia de cuadro de 25 en dicho tiempo y 625 líneas por cuadro completo. La separación entre las portadoras de video y de sonido es de 5,5 MHz, siendo de 7 MHz el ancho del canal.

CARACTERISTICAS DE LA SEÑAL DE IMAGEN

La señal entregada por el tubo analizador en el transcurso de cada línea de análisis de la imagen, se denomina *señal de imagen*, aun cuando se adopten de manera corriente otras denominaciones más o menos equivalentes. Esta señal, tras modular a la portadora y ser enviada por vía hertziana, es recogida y demodulada en el televisor, llegados a este punto la mencionada señal regulará la intensidad del haz electrónico del tubo catódico en el receptor.

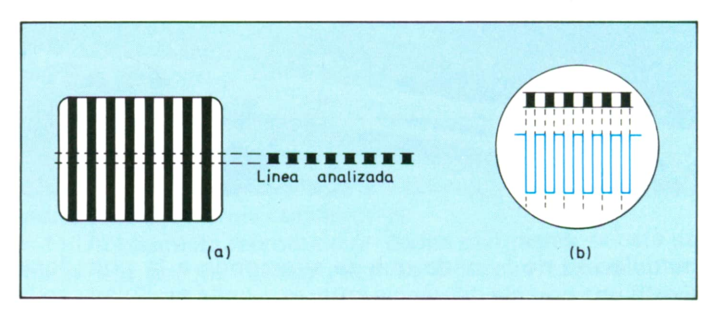


Figura 4. a) Determinación de la banda pasante de video, en el grado mínimo requerido para el análisis de una sucesión de bandas negras y blancas alternadas; b) Expresión gráfica de la forma que adquirirían las bandas analizadas.

Dicha señal de video constituye la información principal, en tanto que las otras que se agregan a ella, como son los impulsos de sincronismo y hasta el sonido, se consideran como complementarias o auxiliares.

Al visualizar las variaciones de tensión logradas a la salida

de un tubo de cámara, al realizarse el análisis de una imagen en blanco y negro, incluyendo diversas tonalidades de grises, llegaremos a determinar la forma de la señal de video resultante.

A partir del valor cero, correspondiente al negro absoluto, es decir, a la carencia absoluta de luminosidad, se llega a una transición brutal motivada al pasar a un blanco casi absoluto, produciéndose luego varias alternativas correspondientes a diversas gamas de grises.



Aspectos que presenta una parte del control central de TVE en Torrespaña (Madrid). En cada punto, se evidencian los monitores que permiten conocer las imágenes de cada cámara o de cada enlace.

Para establecer la mínima banda de frecuencias admisible para una correcta transmisión de la información de video que se ha obtenido, adoptaremos como base el análisis de una imagen constituida por una serie de líneas verticales, alternativamente negras y blancas (figura 4*a*) imaginando igualmente que la definición, que ya hemos indicado debe ser elevada, se mantenga dentro de límites compatibles y que el retrazo se realice con la mayor rapidez.

Tomando como base dicha exploración de 625 líneas y el formato de la pantalla de 4 a 3 en su relación de anchura y altura, se determina que el número de puntos elementales por línea ha de ser aproximadamente de

$$625 \times 4:3 = 830$$

En el caso de que estos 830 puntos elementales tengan que ser alternativamente blancos o negros, la señal de video que corresponda deberá tener una frecuencia igual a 6.484.375 Hz, prácticamente 6,5 MHz, según se pone de manifiesto por medio de la siguiente ecuación:

$$\frac{830}{2} \times 625 \times 25 = 6.484.375 \text{ Hz} = 6{,}5 \text{ MHz}$$

La figura 4*b* reproduce de manera gráfica las alternativas que experimenta la señal que, pasando de un nivel cero correspondiente al negro, llega seguidamente a un blanco absoluto, sin alternativa alguna de valor entre el máximo y el mínimo.

CORRECCION DINAMICA

Partiendo del supuesto de que la señal de luminancia, proporcionada por el tubo analizador, varíe de manera proporcional a la luminosidad de la escena analizada, es indispensable que antes de su transmisión se proceda a una corrección dinámica.

TERMOIONICO

Denominación aplicada a la obtención de una corriente de electrones a partir de la acción del calor. Con arreglo a esta definición, los tubos de rayos catódicos y las válvulas tienen una actuación termoiónica y requieren la existencia del vacío lo más absoluto posible para que no exista obstáculo en la trayectoria electrónica.

Esto se debe a que el tubo receptor, conocido tanto como kinescopio como por cinescopio, funciona en calidad de *tríodo termoiónico* y, de manera muy concreta, su característica corriente de relación del haz emanado de su cátodo con la tensión de rejilla (en este caso el whenelt) presenta una pronunciada curva en relación con los valores extremadamente negativos de este electrodo.

La tensión de corte del whenelt corresponde a la extinción del haz, lo que se produce a nivel del negro y, en consecuencia, al ser algo menos negativa, ha de corresponder a un gris oscuro, lo que se hace patente en la porción curva de su característica (figura 6).

NIVEL Y DURACION DEL RETRAZO

El lapso de tiempo que corresponde a esta línea de retorno del haz se pone de manifiesto por una carencia de luz, es decir, por una señal de negro, dada la falta de luminancia por parte del tubo de cámara. En el receptor se evidencia por un bloqueo del tubo catódico con la finalidad de que los trazos de retorno queden imperceptibles.

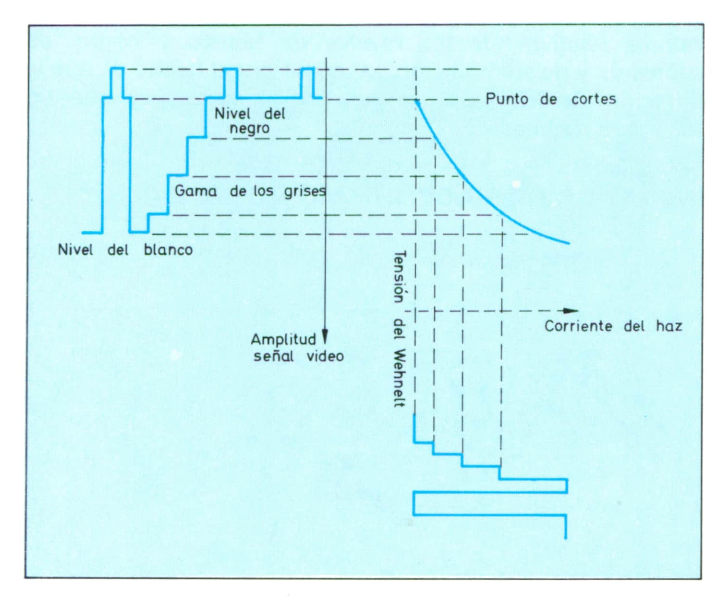


Figura 6. Características de la relación mantenida entre la corriente que proporciona el cátodo, y la tensión de whenelt que la controla.

El nivel de supresión de la imagen en el transcurso de los retornos de líneas y de tramas debe ser, por lo menos, equivalente al nivel del negro, llegando hasta lo que podríamos denominar negro-absoluto y hasta ultra-negro,

con el fin de asegurar la separación entre la señal de video y la de sincronismo.

Los impulsos de sincronismo que se emiten durante el borrado, han de estar situados por debajo de dicho nivel de supresión para evitar que se reflejen en la pantalla del televisor y, de manera esquemática, cabe representar una señal de video a la que se han agregado los indicados impulsos por medio de la figura 7, complementada con el detalle de un impulso de sincronismo de línea, que también se delimita en la figura 7 por sendos círculos punteados

Tanto si se trata de impulsos de sincronismo de líneas como de tramas, éstos no llegan a abarcar la totalidad de la duración del borrado. Los brevísimos períodos inicial y final que corresponden a las posiciones extremas del haz explorador, permiten en cada recorrido el retorno de la señal al valor de supresión establecido.

Las diversas normas de televisión difieren entre sí por los valores relativos de los niveles de blanco y negro, de supresión y de sincronismo, así como por el hecho de que la duración de los impulsos sea menor o mayor que un semiciclo de línea.

IMPULSOS DE SINCRONISMO DE LINEAS

De manera general, en la totalidad de normas de

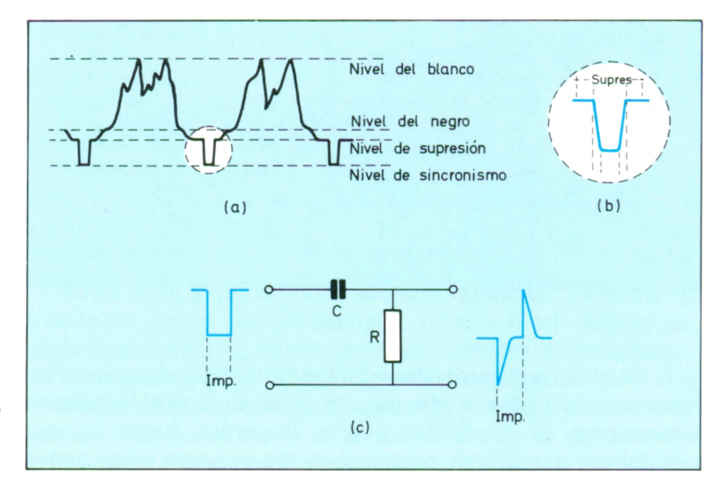


Figura 7. a) Aspecto de la señal de video compuesta; b) Detalle de un impulso de sincronismo de líneas; c) Modificación de un impulso por medio de una célula formada por una resistencia y un condensador. Forma del impulso a la salida de la célula.

televisión, la parte inmediatamente anterior a los impulsos de sincronismo es la que regula los generadores de barrido horizontal en los receptores. Este frente entra en actuación de manera precisa merced a un circuito *RC* (figura 7*c*) cuya *constante de tiempo* es muy inferior a la duración del impulso. A la salida de este circuito se dispone de dos excitaciones de polaridades distintas, correspondientes al comienzo y final de cada señal de sincronismo.

CONSTANTE DE TIEMPO

Período de tiempo que se necesita para la carga o descarga de un condensador conectado en serie con una resistencia y, en algunos casos, con una impedancia, constituyendo una célula que modifica el paso de la corriente con arreglo a sus valores.



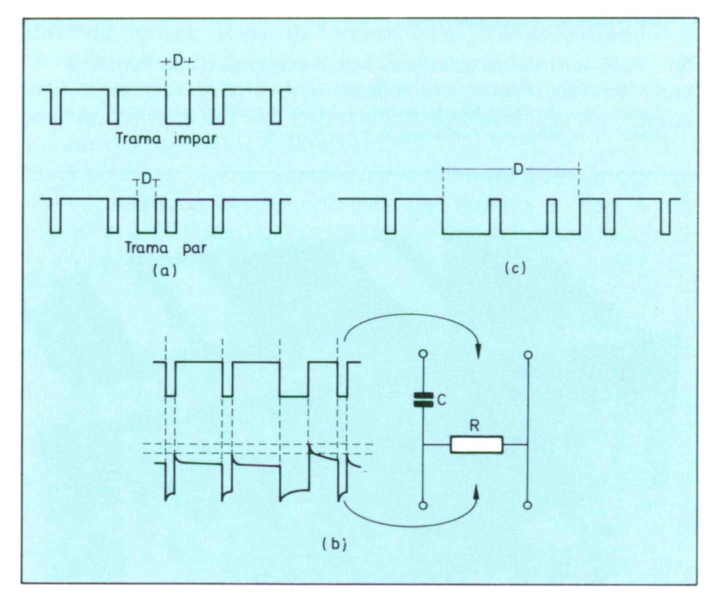
El distribuidor de video es un elemento clave en las unidades móviles, estudios de grabación o cualquier lugar en donde se desee modificar el nivel de la señal de video, elevándolo o atenuándolo, al tiempo que proporcionan varias salidas iguales para un único valor de la señal de entrada. (Cortesía: PESA).

SINCRONISMO DE LAS TRAMAS

Localizadas en la misma zona de amplitud que las señales de sincronismo de líneas, las de sincronismo de tramas, que

motivan el retorno del haz hacia su punto inicial, deben tener una neta diferencia bien sea por su amplitud o por su duración.

Puesto que la zona de sincronismo no se utiliza más que durante un período muy reducido del ciclo de análisis, en tanto que la señal de imagen llega a ocupar la casi totalidad del mismo, resulta mucho más aconsejable reducir al mínimo la amplitud de esta zona, en provecho de la otorgada a la señal de imagen.



a) Impulso de sincronismo de trama en el sistema de 819 líneas; b) Principio de selección de los impulsos de sincronismo vertical por medio de célula diferenciadora; c) Recorte del impulso de sincronismo vertical por la excitación de las líneas.

Si en esta zona se pretende distinguir con plena seguridad la existencia de amplitudes distintas, debe procederse de manera contraria. Así las señales de sincronismo se caracterizarán por una duración mayor que la de los impulsos de líneas, motivándose notables dificultades que, en algunos casos, se han logrado atenuar por diversos métodos.

En primer término, para tener la seguridad de un riguroso interlineado, el ciclo de barrido horizontal debe realizarse en perfecto sincronismo entre emisor y receptor en el transcurso del retrazo de la trama. En otro aspecto, los impulsos de

tramas impares llegarán con un retardo equivalente a la mitad de un ciclo de línea, al finalizar el último impulso de sincronismo horizontal, en tanto que los de las tramas pares tendrán su llegada que, en la recepción, puede ofrecer algunos inconvenientes.



Monitor profesional, de color, que sirve para aplicarle la señal procedente de una cámara. Estos monitores suelen funcionar con la posibilidad de ver otro video auxiliar, y entonces son aplicables en los estudios o en enlaces que requieren trabajar con dos señales de video. (Cortesía: PESA).

La solución más sencilla es la adoptada en la televisión francesa, que transmite a base de 819 líneas. La duración del impulso de trama es inferior a un semiciclo de línea y puede cifrarse en un valor de 0,4 Hz. En tal caso, no existe el menor problema en el sincronismo del barrido horizontal durante la supresión de trama y la disposición de las señales de sincronismo entre ambas tramas. La estabilidad de los impulsos generados por la trama queda asegurada al añadir una célula diferencial, cuya constante de tiempo se determina por los valores de *RC*. El retorno del barrido vertical es motivado por la parte final del impulso y puede determinarse con la mayor exactitud, a fin de tener la seguridad de un riguroso interlineado.

En los otros modelos, entre ellos el de 625 líneas adoptado en España, la duración del impulso de trama es superior a varios ciclos de línea, siendo muy frecuente la adopción de

factores comprendidos entre 2,5 y 4 Hz. Durante el intervalo de supresión de trama, el generador de barrido horizontal del receptor no recibe ningún impulso sincronizador y oscilará dentro de un régimen que muy bien puede ser calificado de libre.

A causa de ello, su frecuencia tendrá escasas probabilidades de coincidir en forma exacta con la de análisis. Al iniciar la trama, el haz catódico podrá hallarse en un punto cualquiera de la primera línea, y en el transcurso del lapso que requiere la base de tiempo del receptor para volver a sincronizarse en forma correcta con la parte superior de la imagen explorada, existe el peligro de que se originen deformaciones.

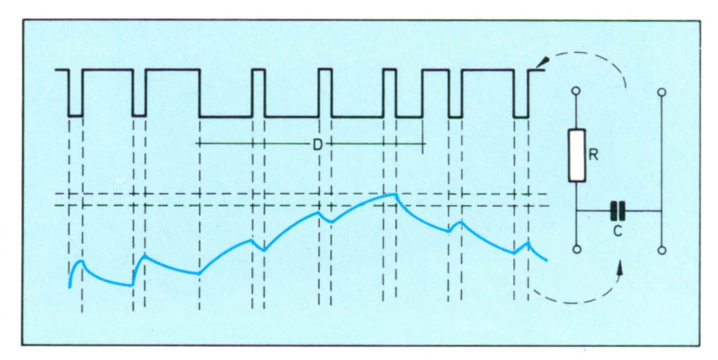


Figura 11. Tratamiento de los impulsos de sincronismo vertical, por medio de una célula integradora formada por un grupo RC.

Por tal razón, se ha pensado proceder al recorte del impulso de trama con sujeción al ritmo del ciclo de líneas, en cuyo caso, la selección de los impulsos motivados por la trama se consigue por la actuación de una célula integradora (figura 11), siendo apreciable que la determinación del instante en que se alcanza el nivel inicial es más fácil que en el caso de adoptar un *sistema diferencial.*

De manera concreta, según que el impulso de trama llegue con un retardo determinado producido por el extremo par de mayor cuantía, o bastante menor al tener su origen en el impar, después del último impulso de línea, el condensador de la célula de integración se descarga, bien sea de modo parcial o por completo.

Si tan sólo se descarga parcialmente, el proceso integra-

dor se inicia a nivel superior al de reposo y el momento de iniciar la actuación de la base de tiempo se alcanza con mayor rapidez. Los ciclos de ambas tramas ya no tienen la misma duración y es muy difícil, en tales condiciones, llegar a conseguir un perfecto entrelazado.

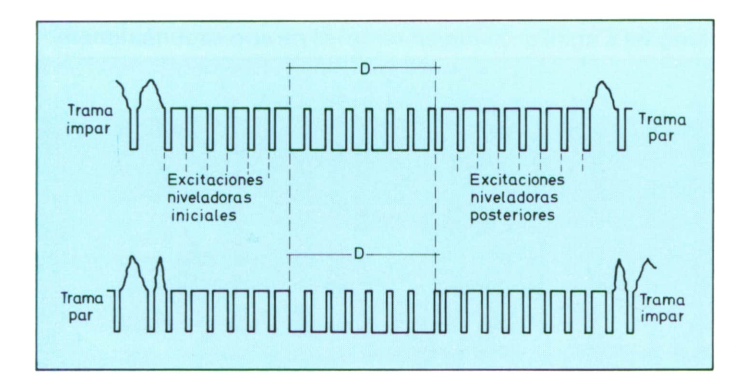


Figura 12. Impulso de sincronismo de tramas, recortado al ritmo del semiperíodo de línea y encuadrado entre los impulsos preigualadores y postigualadores.

Para resolver este inconveniente se ha adoptado el siguiente sistema: el circuito de selección de los impulsos emanados de las tramas se lleva a un determinado potencial eléctrico, tanto al principio como al final de cada una de ellas, incorporando señales niveladoras (figura 12).

Estas excitaciones, más breves que los impulsos de sincronismo, se producen a intervalos perfectamente regulares y amoldados a la cadencia de los impulsos de trama, modalidad que permite llegar a una mayor precisión en el sincronismo del barrido vertical y por ello conseguir un perfecto entrelazado.

SEÑAL DE VIDEOFRECUENCIA COMPUESTA

Nos hemos detenido haciendo referencia a las características ideales de las distintas partes de la señal compuesta empleada para la transmisión electrónica de imágenes, para ello hemos tomado como base momentánea la señal monocromática que se designa como *videofrecuencia compuesta*, o de manera abreviada, *señal de video*, aunque esta denominación debería aplicarse tan sólo a las informaciones

concernientes a la imagen, sin agregar las de sincronismo, de tramas o de líneas, borrado, etc. (figura 13*a*).

Pasamos a detallar las diversas componentes de una señal de video, mencionando alguna de sus características numéricas, con la advertencia de que varían de acuerdo con las condiciones de trabajo de cada emisora.

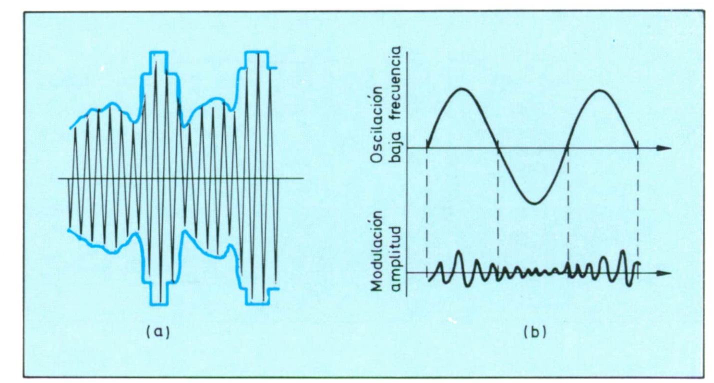


Figura 13. a) Portadora modulada por la señal de video; b) Modulación de amplitud correspondiente a una señal de baja frecuencia.

Señal de luminancia o de imagen

Ocupa un margen aproximado del 75 % de la amplitud total y se transmite durante un espacio de tiempo que puede cifrarse en los 4/5 del ciclo de la línea. Entre cada trama esta señal queda interrumpida brevemente.

Señales de borrado

Se emiten entre cada ciclo de línea y de trama, a nivel ligeramente inferior al negro, lo que determina que se mantengan situadas hacia el 25 % de la amplitud total. La señal supresora de línea dura alrededor de 1/5 de un ciclo, en tanto que la de trama requiere mayor duración para actuar.

Señales de sincronismo

Son emitidas con las de borrado con menor amplitud para conseguir que los impulsos se mantengan a nivel cero. Son compuestas y comprenden las de sincronismo de líneas que conciernen a impulsos simples, de una duración aproximada

de 5 μs, y las de sincronismo de tramas, que pueden adolecer de diversas características al estar supeditadas al ritmo de los semiciclos de líneas, si bien son más breves que los impulsos lineales.

Estas características de la señal de videofrecuencia conciernen a su forma positiva, en la cual la máxima luminosidad corresponde a la amplitud más elevada, determinándose que en la forma negativa se llega a tal grado de luminosidad con menor amplitud.



MODULACION DE LA PORTADORA

Las unidades móviles deben ser operativas y su tamaño viene condicionado por el número de cámaras que pueden controlar. Los vehículos más ligeros son suficientes para cubrir la información con una o dos cámaras, y desde la parte superior del vehículo enviar la señal a los estudios centrales, vía microondas, empleando los enlaces necesarios para ello. (Cortesía: PESA).

Considerando la extensión de la banda ocupada por la señal de videofrecuencia, que en algunos casos sobrepasa 10 MHz, no cabe la posibilidad de adoptar el sistema de portadora modulada en FM, ya que el canal ocupado por este tipo de modulación debe ser, como mínimo, del orden de diez veces el valor de la más elevada frecuencia que se transmita, en tanto se quieran lograr las ventajas que proporciona, consistentes en protección contra «fading» y parásitos industriales.

Teniendo presente tal obstáculo se ha adoptado el sistema de modulación por amplitud, bien sea en el sentido positivo o en el negativo, paliando en ambos casos sus posibles inconvenientes.

Control automático de ganancia

En las emisoras actúa de manera muy concreta en calidad de reguladora, teniendo una actuación más eficaz en la modulación negativa, debido a que las señales de sincronismo proporcionan un retorno periódico a la señal de máxima elevación. En la modulación positiva la fuente más accesible corresponde a la señal de mínima altura, determinándose que la regulación deseada sea menos precisa.

Protección antiparásita

Deben considerarse dos aspectos: la visualización de los parásitos en la pantalla y su influencia en la sincronización. En modulación positiva las interferencias de origen parásito se patentizan en blanco debido al aumento en la amplitud de la señal, mientras que en la modulación negativa aparecen bajo la forma de puntos negros. Esto determina que el sistema de modulación positiva tenga una actuación muy precaria ante las interferencias que se evidencien de color negro.

ATENUACION DE LA BANDA LATERAL

Por razones de selectividad y de ganancia de los circuitos de recepción, las frecuencias portadoras utilizadas deben ser netamente superiores a la más elevada frecuencia de modulación que se transmita, lo cual sitúa las gamas de video en los canales de VHF (Very High Frequency) entre 30 y 300 MHz, en tanto que en los de UHF (Ultra High Frequency) partiendo de 350 MHz llegan hasta 1.000 MHz.

Cuatro bandas de frecuencias han sido asignadas a la televisión:

VHF	Banda I	41 a 69 MHz
	Banda II	174 a 230 MHz
UHF	Banda IV	470 a 582 MHz
	Banda V	582 a 960 MHz

En algunos casos se hace referencia a la banda IV para designar el conjunto de las bandas IV y V, de igual manera, es necesario hacer notar que no deben tomarse como absolutos dichos valores, dado que algunas naciones los han adoptado ligeramente distintos, asignándose a la banda

II los límites de 175 a 235, a la banda IV, de 460 a 585 y, finalmente, a la banda V, de 610 a 940 MHz.

ALCANCE DE LAS ONDAS DE VIDEO

Tanto si se trata de ondas hertzianas trabajando en VHF, como de las que lo hacen en UHF, su alcance es relativamente reducido, pudiendo cifrarse en unos 100 km para las primeras y sólo en 85 km para las segundas, lo que determina que, para asegurar la cobertura de un territorio determinado, es necesario disponer de varias emisoras principales en coordinación con una cantidad adecuada de repetidores.



El famoso «pirulí» de los estudios de Torrespaña que tiene TVE en Madrid. En la parte superior se sitúan los enlaces hercianos con toda España, y los paneles radiantes para la zona de Madrid.

Para evitar cualquier posible interferencia entre las señales emitidas por las emisoras y las retransmitidas, se hace preciso adoptar ciertas precauciones que se detallan a continuación.

Banda lateral atenuada

Consiste en reducir la amplitud del canal que ocupa cada emisora, aplicando un sistema de transmisión denominado

de *banda lateral atenuada* y también *banda lateral asimétrica*, modalidad que hace posible incluir mayor cantidad de canales dentro de cada banda.

Mencionemos otras soluciones para atenuar el problema motivado por la elevada cantidad de emisoras en actuación. Se hace uso de polarizaciones distintas de la antena de emisión (horizontal o vertical), se invierten las respectivas posiciones de las portadoras, o se modifica una de las bandas aumentando su valor.



Existen zonas puntuales que no llegan a recibir directamente la señal de televisión desde los centros emisores, siendo necesario instalar reemisores de pequeña potencia. Este reemisor se alimenta con la energía proporcionada por varios paneles solares fotovoltaicos.

Pero el sistema preferido para dar cabida a mayor cantidad de emisoras en la banda que les corresponde o evitar interferencias entre las de frecuencia más cercana, es el de *banda lateral atenuada* o *banda vestigial* (denominación más corriente en EE.UU.). La supresión total de una de las bandas, que puede parecer aconsejable para resolver técnicamente tales problemas, incluye el peligro de afectar a la reproducción de la imagen.

Se ha logrado una solución de compromiso entre la *banda lateral única* (BLU) y la modulación de amplitud, llegándose a la adopción del sistema de banda lateral atenuada (BLA) a base del empleo de un filtro que reduce de manera muy considerable una de las bandas laterales, en cuantía tanto mayor cuanto más alejado está su valor del de la portadora.

ESPECTRO

En Electrónica se aplica al conjunto de las diferentes frecuencias existentes en un sonido, en una onda o, aún más genéricamente, en una señal compleja. En el caso de un sonido continuo está integrado por una componente fundamental y varios armónicos.

Tomando como ejemplo el *espectro* de una emisión de video, realizada en 625 líneas y centrada a 200 MHz, interceptaría aproximadamente 10 MHz que corresponden al margen de 195 a 205 MHz.

Al preferirse la debilitación de la banda lateral inferior, el espectro que ha de quedar afectado tendría una limitación que prácticamente se cifraría en 6,5 MHz (de 198,5 a 205), disponiéndose de una onda compuesta, a la que se añadiría el sincronismo adecuado para su entrega a la antena radiante.

IMPERATIVOS DE LA TELEVISION EN COLOR

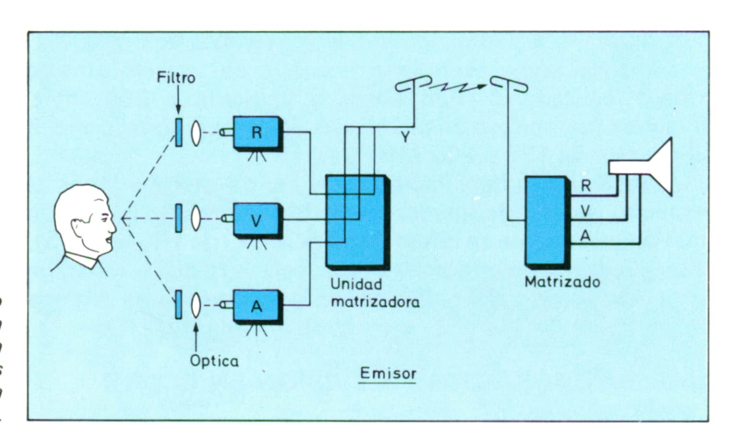
La técnica de la televisión en color no se aparta en esencia de las explicaciones dadas para la de blanco y negro, sólo que, además de la *luminancia*, en aquélla es preciso transferir al receptor la coloración exacta de la imagen explorada.

En tal caso, además de la iluminación más o menos intensa de los puntos que proporciona la videoseñal de luminancia, es necesario comunicar al televisor el impulso que pertenezca a la tonalidad exacta, la cual corresponde a una radiación característica de cada color. Esto implica que la información acerca de la tonalidad del punto analizado, por medio de un procedimiento de análogas características al utilizado en la transmisión monocromática, debe agregar-

se a la señal de luminancia después de un proceso de codificación que proporciona la crominancia, factor característico de la totalidad de sistemas de video en color. Este tamizado o selección de los colores con arreglo a su onda peculiar, recibe el nombre de *matrizado.*

COMPATIBILIDAD ENTRE TELEVISION MONOCROMATICA Y EN COLOR

Aparte de la evidente necesidad de que la señal de información global de la imagen en colores, conocida como luminancia *Y*, sea transmitida en la misma forma que la señal de video acromática, es necesario que se respeten otros imperativos específicos de la transmisión en color.

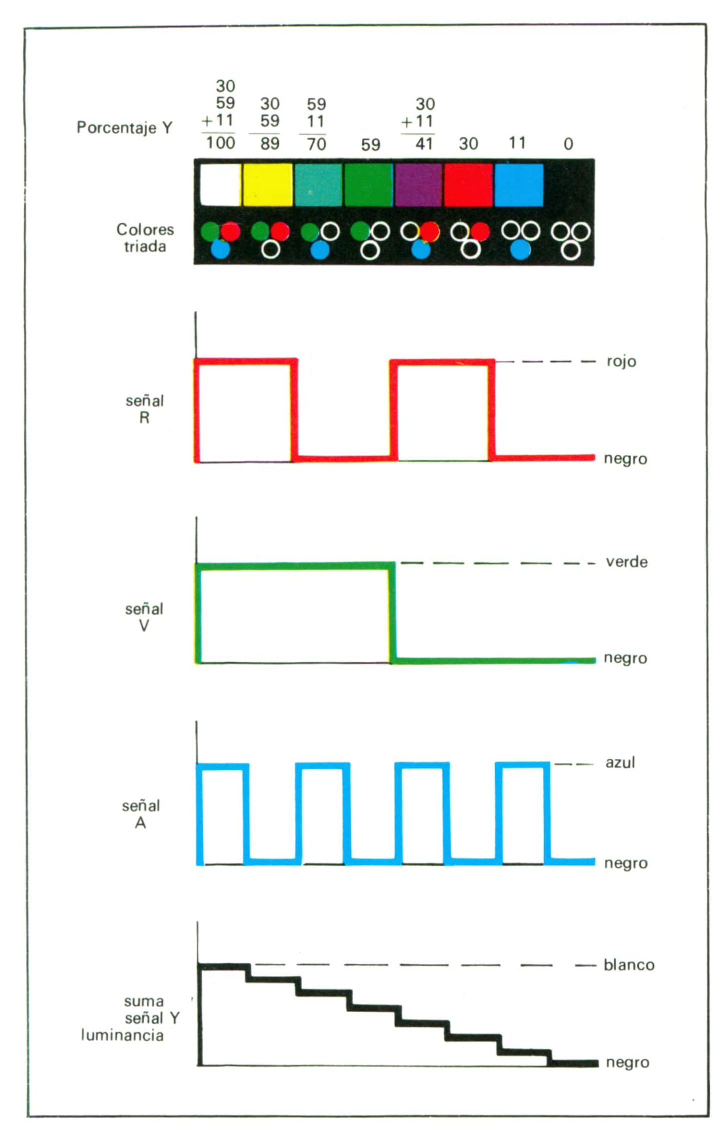


Mecanismo electrónico para la obtención de la señal de luminancia Y, a partir de los tres colores primarios que forman la señal de color.

Un principio de compatibilidad directa requiere que dicha señal de luminancia mantenga en la televisión en color los factores de luminosidad de los tres colores primarios, los cuales se determinan por la curva de respuesta visual concretada por estudios *fisiológicos.* Al tratarse de un televisor acromático, el ojo no puede ponderar la luminancia en función de la longitud de onda de sus radiaciones, operación que sí realiza ante la pantalla de un televisor para color.

Esta ponderación se realiza una vez mezclados por medios

electrónicos los tres colores fundamentales, *rojo, verde* y *azul*, que en su mezcla proporcionan dicha señal de luminancia *Y*, la cual es compatible con la totalidad de la



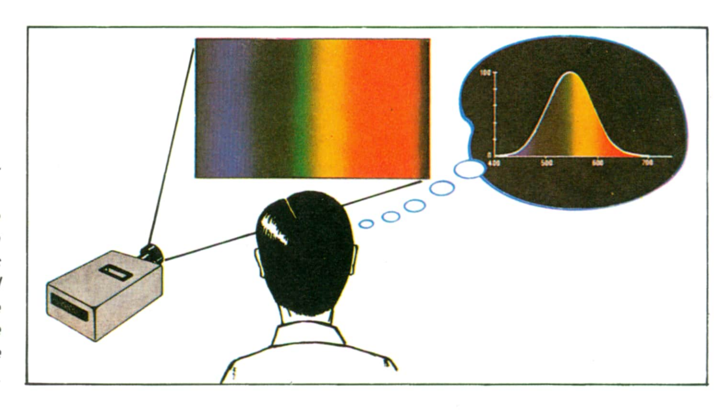
Formación de la escala de colores, según el porcentaje de señal de rojo, verde y azul. Además del color, resulta importante establecer la intervención de estas tres señales para obtener la luminancia.

infinita gama de colores, cada uno de ellos con distinto índice de radiación propia.

La proporción de mezcla de estos colores primarios para la obtención de la señal *Y* se halla determinada por la longitud de onda de cada uno de ellos y, asignando al blanco la valoración de la unidad, la proporción de la mezcla será la siguiente:

Componente rojo	0,30
Componente verde	0,59
Componente azul	0,11
Blanco (*Y*)	1,00

El predominio de la irradiación de uno de estos colores hará que la mezcla resultante se aparte del blanco en tanto que, al establecerse esta relación, la luminancia de la televisión cromática será idéntica a la emanada de una cámara monocromática que analice la misma escena por lograrse una curva espectral idéntica a la del ojo.



El observador puede ver toda la gama de colores, pero con la sensación de que los tonos situados en los extremos, están menos iluminados que los del centro. A la curva de respuesta, se la conoce como curva de sensibilidad relativa.

La superposición de los tres colores fundamentales (azul, verde y rojo) da una luz blanca. Con objeto de disponer de la información necesaria para agregar el color a la señal *Y*, se requieren otras dos señales que son entregadas también por medio del matrizado.

A título de ejemplo para facilitar la comprensión de cómo actúa un circuito matriz, supondremos que se halla consti-

tuido por divisores a resistencias (figura 20). En el caso del color rojo, para que llegue a constituirse la señal Y, tendremos:

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}30$$

Las salidas de estos tres divisores se hallan unidas en paralelo con los bornes de una resistencia común R_4, y la actuación de la resistencia R_3 se limita a evitar las posibles interacciones entre los circuitos.

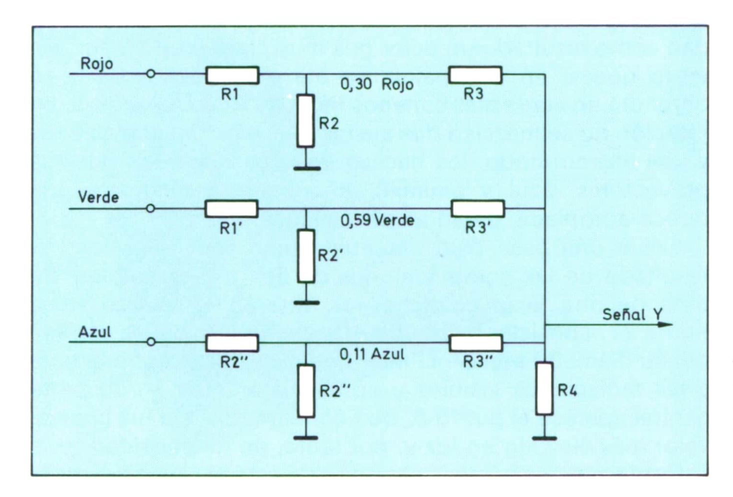


Figura 20. Circuito paso banda que permite el filtraje de los tres colores fundamentales: rojo, verde y azul, para formar la señal de luminancia.

PRINCIPIOS DE COLORIMETRIA

A partir de los tres colores primarios que proporcionan el color blanco, es necesario comunicar al receptor la tonalidad exacta de la imagen analizada, apreciando que su gama es prácticamente infinita. La *colorimetría* pone de manifiesto que, partiendo de estos colores fundamentales, es posible obtener cualquier tonalidad.

Realizando la mezcla de colores en la paleta de un artista que plasme su obra sobre papel o tela, cabe la posibilidad de lograr cualquier color, amalgamando dos o tres de los fundamentales para obtener el tono secundario o comple-

mentario deseado, pero en la televisión en color, al ser tres los colores básicos empleados, no se trata de combinar sustancias coloreadas sino de agregar radiaciones luminosas de distinta longitud de onda.

Las dos formas de obtención de un color (por difusión o por transparencia) son enteramente distintas y, en consecuencia, las leyes de mezclas no pueden ser las mismas. Por medio de la siguiente experiencia se pone de manifiesto esta distinción.

Un disco coloreado a partes iguales, de amarillo y de azul, en dos segmentos colindantes, gira a gran velocidad alrededor de su eje, estas dos zonas se suceden con tanta rapidez que las radiaciones producidas que llegan a la retina dan como resultado un color gris muy claro, casi blanco, en tanto que si en una paleta se mezclan estos colores se obtendrá un verde más o menos intenso. Al poner el disco en rotación no se mezclan dos sustancias, sino dos radiaciones y, del mismo modo, los haces luminosos emitidos por dos proyectores, azul y amarillo, al agregarse mediante una óptica apropiada, darán una luz blanca.

Existe una base para determinar con toda seguridad el resultado de las combinaciones de dos o más colores. Se trata de una tabla colorimétrica, que se reproduce en la figura 21, consistente en una especie de semielipse cerrada por su diámetro menor. El interior del contorno corresponde a las radiaciones visibles y aproximadamente en su parte central aparece el punto *B*, que corresponde a la luz blanca, valor más elevado en luz y, por tanto, en luminosidad.

Conforme nos vamos apartando de este punto, en sentido rectilíneo se encuentran diversos colores de tonalidad más concreta a medida que aumenta la distancia con respecto al punto *B*. Al querer precisar un color debe concretarse su tonalidad, su intensidad o saturación y también su luminancia, siendo ésta la única característica común a la transmisión monocromática y a la de color.

MIRA DE BARRAS EN COLOR

Para juzgar la fidelidad de reproducción, se ha llegado a definir una mira electrónica, que se reproduce en la pantalla de un televisor tricromático bajo la forma de bandas verticales de idénticas dimensiones, correspondiendo cada

una de ellas a un color científicamente elegido. La banda del extremo izquierdo es blanca, en tanto que la de la parte opuesta es negra, correspondiendo con ello a los límites de la escala de colores, dado que el blanco es el de mayor amplitud de las señales cromáticas y el negro el de menor.

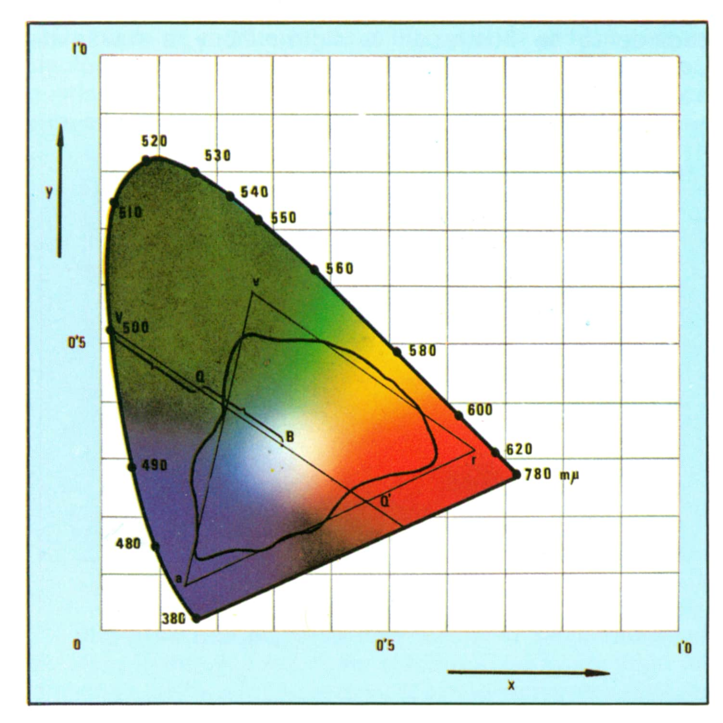


Figura 21. Diagrama colorimétrico normalizado por la CEI, y triángulo cromático enclavado en el mismo. Se observan todos los colores distribuidos, según la frecuencia correspondiente.

Su obtención, responde a la mezcla de los primarios y su orden es el siguiente:

1.— Blanco = Rojo + verde + azul
2.— Amarillo = Verde + rojo
3.— Turquesa = Azul + verde
4.— Verde = Color primario
5.— Violeta = Rojo + azul
6.— Rojo = Color primario
7.— Azul = Color primario
8.— Negro = Ausencia de color

PROCEDIMIENTOS PRIMARIOS

La primera solución al problema de transmitir las imágenes en colores, que no sólo llegó a ser empleada a escala industrial, sino que sigue siendo utilizada en ciertos sistemas de televisión en circuito cerrado, fue el presentado por la Columbia Broadcasting en 1948. El principio de este procedimiento se ilustra en la figura 22 y a través de

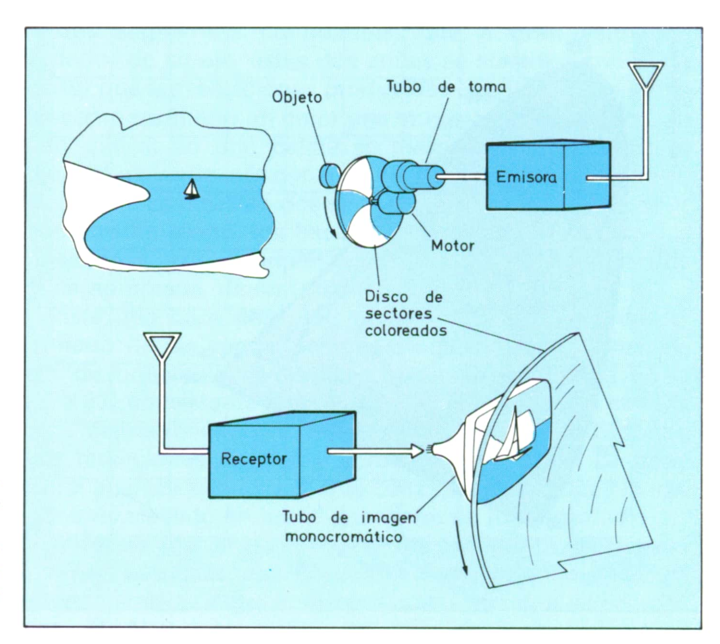


Figura 22. Sistema de televisión en color realizado por la Columbia, en el que han sido empleados filtros ópticos correspondientes a los tres colores primarios.

diversas versiones mejoradas se mantiene dentro de las mismas características. Delante de la cámara se dispone un disco giratorio integrado por segmentos provistos de filtros que corresponden a los tres colores primarios. La velocidad de rotación del disco se calcula de tal manera que el análisis de la imagen se realiza de modo que sigue los principios de la televisión monocromática, a base de 525 líneas y 144 tramas por segundo. La secuencia de transmisión para cada vuelta del disco es la siguiente:

Primera trama	Impar	Rojo
Primera trama	Par	Verde
Segunda trama	Impar	Azul
Segunda trama	Par	Rojo
Tercera trama	Impar	Verde
Tercera trama	Par	Azul

Un disco de características análogas al de análisis gira en sincronismo con el explorador ante la pantalla del receptor, quedando asegurada la sincronización al emitirse impulsos para tal fin cuando acaba cada trama.

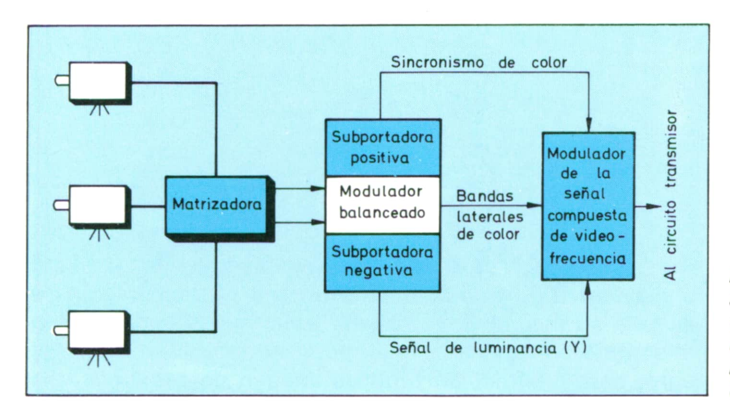


Figura 23. Sistema adoptado por RCA, en el que se hace uso de tres cámaras, dispuestas para realizar una triple exploración sincronizada.

A pesar de que en el sistema reseñado se mantenía el sistema tricromático, así como el método de exploración de la imagen, se hacen patentes varios inconvenientes para su difusión en el mercado con miras a la entrada en los hogares: las dimensiones del disco y la falta de transmisión de la señal informativa de luminancia *Y*, de igual manera que la reducida definición de la imagen.

Poco después, la firma Radio Corporation of America (RCA) consiguió un sistema de transmisión simultánea de los tres colores primarios. Las señales proporcionadas por tres cámaras, que realizan una exploración sincronizada, modulaban tres portadoras distintas (figura 23) las cuales se caracterizaban por su reducida banda lateral, reproducida en la figura 24. El principal inconveniente de este sistema estriba en la necesidad de que también el receptor haga uso

de tres tubos de imagen, cada uno de ellos sensibilizado a diferente color primario, relacionándose a otros tantos circuitos amplificadores.

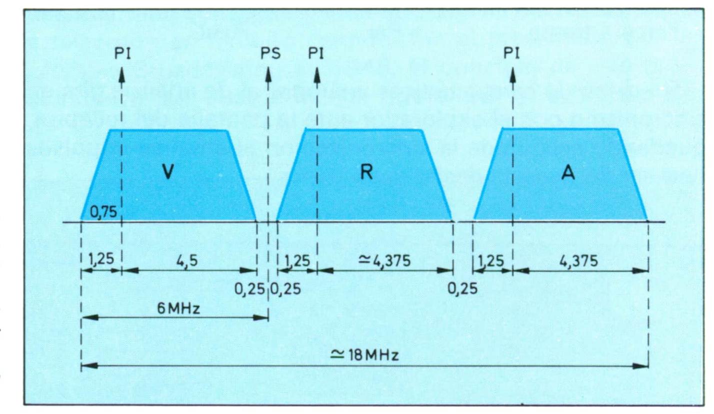


Figura 24. Reducción de la banda en cada una de las portadoras del sistema RCA. Obsérvese la localización de la portadora de sonido y las portadoras de imagen, correspondientes a cada uno de los colores.

El sistema RCA se caracteriza por su semicompatibilidad con la televisión acromática; dado que la exploración se realiza a su mismo ritmo, puede utilizar la señal de video transmitida por un canal análogo al adoptado en blanco y negro, para modular un tubo de imagen de características monocromáticas y lograr la reproducción de la imagen emitida en color sin las señales de crominancia.

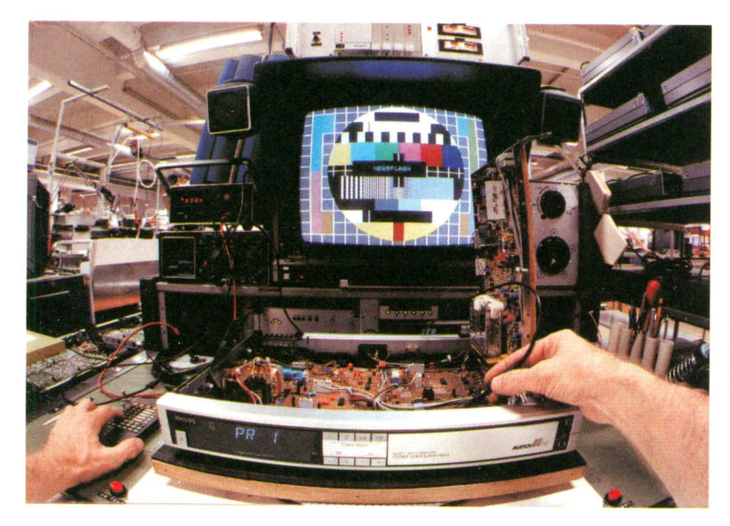
Una parte de las informaciones de luminancia global se desaprovecha pero, debido a la sensibilidad del ojo en la gama del color verde, la imagen obtenida en monocolor a partir de la señal de video resulta de calidad aceptable.

ABERRACION CROMATICA

El descubrimiento de este defecto óptico, inherente a la inercia retiniana, que impide distinguir ciertas diferencias de matiz en los detalles de una imagen y diferenciar dos tonalidades parecidas, ha permitido llegar a la puesta en vigencia de varios sistemas de transmisión de imágenes en color que llenan un espectro de frecuencias idéntico al ocupado en la televisión monocromática.

SISTEMAS DE TRANSMISION EN COLOR
Sistema NTSC

A partir de lo anteriormente expuesto, que hemos citado por su aplicación actual a la transmisión en circuito cerrado, han ido desarrollándose muchos sistemas fundamentales en procedimientos electrónicos, tomando como punto de partida el NTSC, que entró en vigencia hacia 1956 y se emplea en bastantes países (Estados Unidos, Japón, Canadá, Méjico, Venezuela, etc.).



Regulación y control final de un selector-sintonizador de video de la firma Matchline, en la fábrica de Norrköping (Suecia). Se observa la mira con las señales propias de test para el video. (Cortesía: Philips).

Este sistema, desarrollado por la National Television System Commitee, se caracteriza por innegables ventajas que compensan por completo los inconvenientes dimanados del tipo de modulación empleado, la cual es sensible a deformaciones cuando la transmisión se efectúa a gran distancia y, de manera aún más concreta, al utilizar relés que requieran amplificación por elementos reactivos y enlaces por microondas.

En la figura 26 se aprecia el esquema que corresponde a este sistema, teniendo a la izquierda los circuitos correspondientes a la transmisión y en la parte contraria los del receptor, habiéndose destacado en el primer grupo el

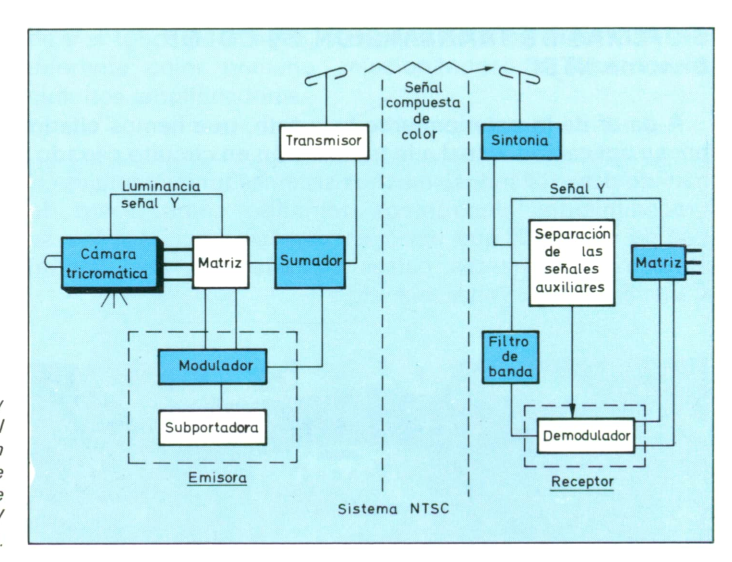


Figura 26. Etapas y circuitos esenciales en el sistema de televisión en color NTSC, punto de partida de la totalidad de los sistemas de TV existentes.

circuito modulador y en el segundo el demodulador, partes características de esta modalidad. Dicho esquema general se complementa con el detalle de los mencionados circuitos (figura 27).

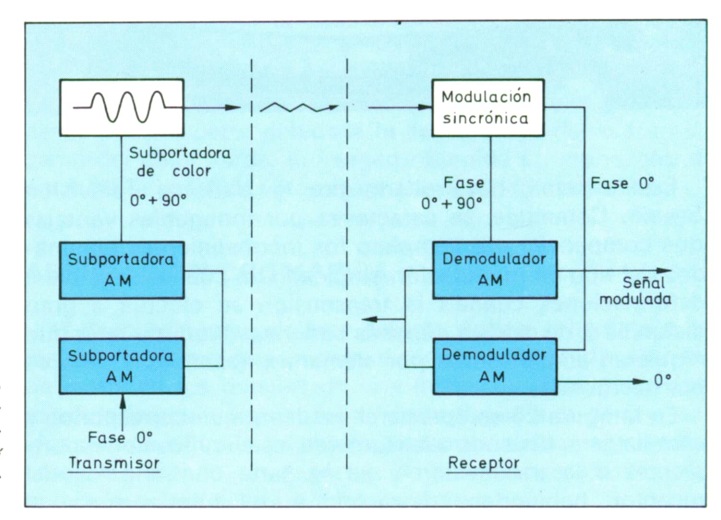


Figura 27. Disposición de los circuitos modulador y demodulador peculiares del sistema NTSC, así como de los bloques básicos que los forman.

Al transmitir se realiza una doble *demodulación* simultánea que afecta a la amplitud de la subportadora de color, con un exacto desfasaje de 90° entre ambas. La amplitud de la subportadora varía en forma proporcional a la intensidad cromática, determinándose que su valor llegue a ser nulo en ausencia de toda información.

DEMODULACION

Operación electrónica totalmente opuesta a la modulación. Se realiza en el receptor y consiste en la extracción de la onda modulada que ha sido agregada a la portadora en el proceso de transmisión.

La figura 28 permite apreciar cómo se distribuyen las distintas señales en este sistema, lo que puede inducir a pensar en la posibilidad de que se interfieran las bandas laterales con la información de blanco y negro (señal *Y*), que mantiene una composición análoga.

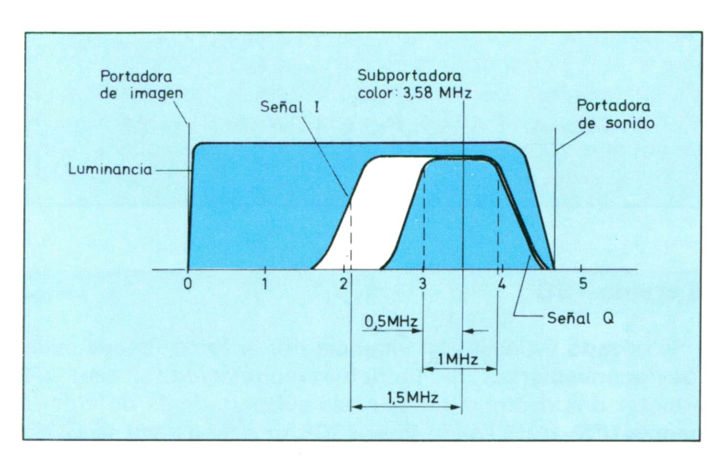


Figura 28. Distribución de las señales y de las subportadoras de video de audio en el sistema NTSC. El ancho de banda de la luminancia, engloba las restantes frecuencias que intervienen.

Para aclarar tal suposición, concretaremos que la distribución de la energía a lo ancho de la banda que corresponde a una transmisión acromática no se realiza de manera uniforme, concentrándose alrededor de los *armónicos* de la

frecuencia de barrido horizontal, con tendencia a disminuir conforme esta frecuencia sea más elevada.

Aprovechando estas características de distribución, la subportadora de color se dispone entre dos armónicos de la frecuencia de dicho barrido, con el resultado de que las componentes de las bandas laterales que modulan las subportadoras de color se agrupan alrededor de los múltiplos de la frecuencia de línea, siempre ligeramente desplazadas de los puntos de mayor concentración de la información (figura 29).

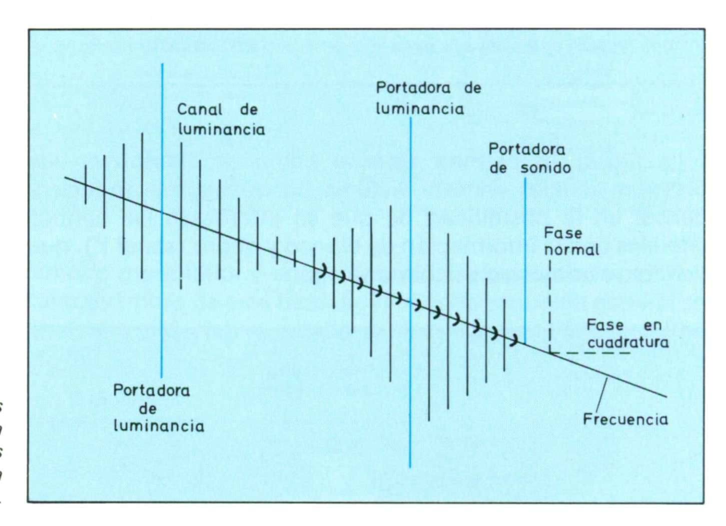


Figura 29. Bandas laterales adoptadas para la modulación de las portadoras de luminancia en el sistema NTSC.

Sistema TSC

Realizado y puesto en vigencia por la firma Philips evita los inconvenientes de la doble modulación, a base de adoptar dos distintas frecuencias subportadoras de crominancia (PS_1 y PS_2 en la figura 30), una para cada señal de color, ya que en este sistema bicromático las señales son suministradas por los colores primarios azul y rojo. Ofrece algunas limitaciones en cuanto afecta a la relación señal/ruido para la información policromática, sin que exista dificultad alguna en la obtención de la señal de luminancia. Su simplicidad lo hace muy recomendable.

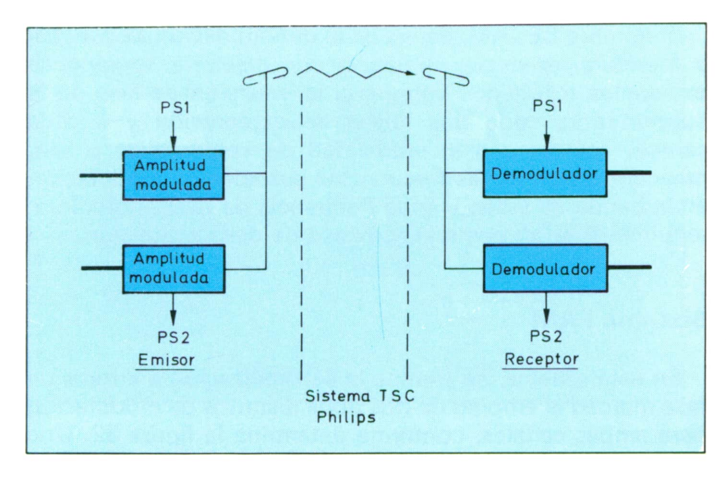


Figura 30. Sistema TSC desarrollado por la firma holandesa Philips, a base de emplear dos subportadoras de crominancia.

Sistema SECAM

Desarrollado por Henri de France hacia 1960, ha sido objeto de posteriores perfeccionamientos y adoptado por la televisión francesa, empleando una línea de retardo ultrasónica que trabaja a la frecuencia de la subportadora. La figura 31 corresponde al más moderno diseño, poniéndose de relieve la particularidad de que dicha línea retardadora, característica del sistema, se ha dispuesto antes de la detección.

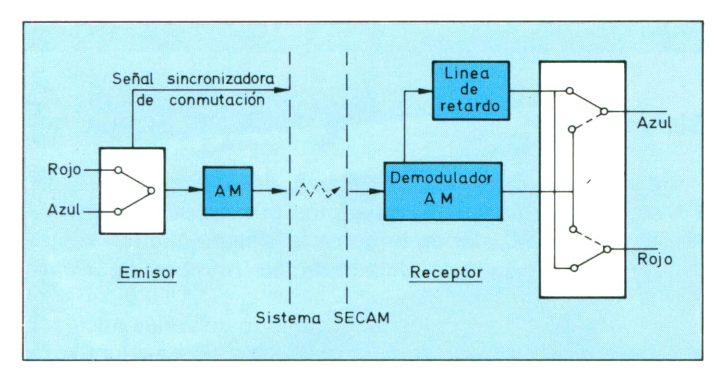


Figura 31. Circuitos esenciales del sistema SECAM, desarrollado por Henri de France. La modulación y demodulación, están efectuadas en amplitud. Obsérvese la incorporación de la línea de retardo en el receptor.

El nombre SECAM, deriva de la denominación *Sequential a Memoire*, es decir, *secuencia con memoria*, lográndose excelentes resultados debidos a la inversión de fase de la subportadora cada tres líneas de exploración y a cada campo, así como a la modalidad de «preénfasis» o sea, preacentuación de las frecuencias elevadas de modulación en la banda de video y en la frecuencia de la subportadora, requiriéndose un posterior proceso de desacentuación.

Sistema FAM

En este sistema, se elimina la sensibilización a errores de fase merced al empleo de dos tipos distintos de modulación para ambas señales, conforme determina la figura 32. Una de las señales modula en amplitud a la subportadora y la otra lo hace en frecuencia, eliminando la necesidad de sincronizar las señales puesto que en el receptor se emplean detectores puestos fuera de sintonía. La sigla FAM deriva de la característica del sistema, ya que Frecuencia y Amplitud son moduladas.

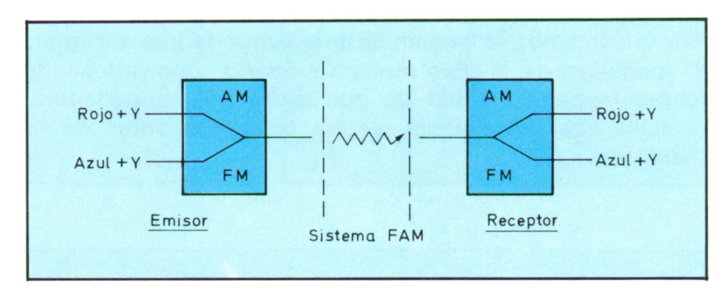


Figura 32. El sistema FAM se caracteriza por utilizar una modulación diferente para ambas señales compuestas de video.

Sistema PAL

Ha sido desarrollado por W. Bruch, de la firma Telefunken, a base de combinar algunos de los principios del SECAM con los del NTSC, dando origen a la idea de alternar la fase en cada línea, lo que determina su nombre de *Phase Alternation Line*.

Las ventajas de este sistema, empleado en varias naciones europeas, entre las que se cuenta España, son evidentes. Si

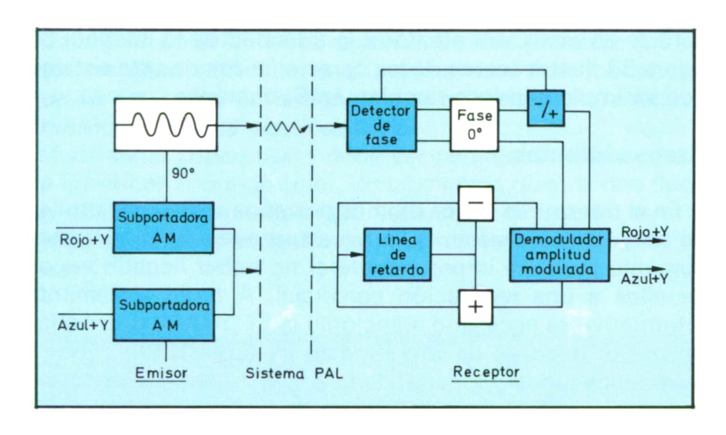
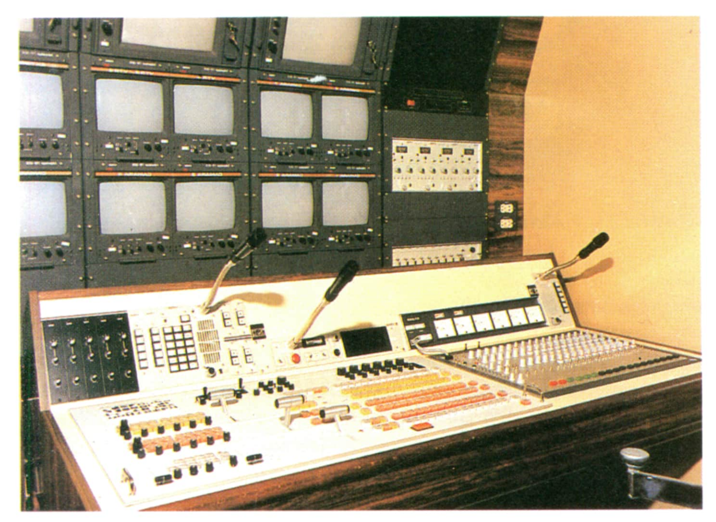


Figura 33. Sistema PAL, adoptado en España y la mayor parte de países europeos, con leves variantes del primitivo desarrollo realizado en los laboratorios de la firma Telefunken, por el investigador W. Bruch.

en el proceso de transmisión se origina algún desfasaje, al invertirse en cada línea de exploración se compensa, dada su igualdad de valores, lográndose con ello una corrección automática del matiz.

De la totalidad de sistemas en vigencia, el PAL es el que mantiene mayor parecido con el NTSC, puesto que básicamente es idéntico, con la sola incorporación del circuito supresor de errores de fase. Por ello puede prescindirse del



Las salas de control de TV, han de estar adecuadas para controlar todas las señales de audio y video con las que se trabaja. En cada monitor aparece la señal de las cámaras, videos, grabaciones anteriores, telecine, tituladoras, chyron, etc. (Cortesía: TVE).

control de matiz, sin atentar a la fidelidad de la imagen. La figura 33 ilustra acerca de las características de este sistema que va implantándose también en Sudamérica.

Otros sistemas

En el transcurso de los últimos dos años se han desarrollado muy variados sistemas, cuyo estudio resultaría extremadamente prolijo e improcedente al no haber llegado varios de ellos a una realización comercial. A título meramente informativo es necesario mencionar el SEQUAM, desarrollado por el Instituto de Investigaciones de la URSS, que se caracteriza por la adopción de una línea de retardo, de igual manera que en el sistema PAL, así como de un conmutador electrónico sincronizado.



Cada canal de televisión posee sus propios métodos de producción. En la fotografía se muestra una de las unidades móviles de Euskal Telebista, la televisión del País Vasco. (Cortesía: PESA).

El sistema SEQUIN, resuelto en 1968, se caracteriza por transmitir la información de color por medio de una señal de subportadora de la misma frecuencia que la portadora principal, si bien con una diferencia de fase de 90º, es decir en cuadratura, lo que determina su designación como *Sequential Quadratura Inband*, cuyas letras iniciales originan la sigla adoptada para su denominación.

Finalmente, cabe mencionar el sistema ART, fundamenta-

do también en el NTSC pero con una señal de referencia de baja amplitud superpuesta a la señal de video, modalidad que se determina en la denominación *Aditional Reference Transmission* dada a este sistema.

Esta señal superpuesta debe ser netamente diferenciada de la subportadora de color, de tal manera que los dos tipos de información puedan ser separados a fin de que la modulación de la imagen no llegue a interferir el control de fase.



El soporte para gráficos, obtenido mediante computadora de video, facilita la preparación de la presentación de mapas, fotografías, tablas, títulos fijos y rodantes, que pueden salir en programa cuando lo desea el realizador. Este modelo puede ser preparado para adoptar hasta 99 acontecimientos diferentes. (Cortesía: Neilson Hordell Ltd.).

PROPAGACION DE LAS ONDAS. TEORIA VIBRATORIA

Hemos ido estudiando la técnica de la transformación de la imagen en tensiones eléctricas, la incorporación de referencias que permiten disponer de una señal compuesta de videofrecuencia la cual contiene los elementos necesarios para lograr una perfecta sincronización. Corresponde ahora hacer referencia de manera concreta a su transferencia por vía inalámbrica, técnica perfectamente conocida y basada en las modernas teorías que consideran la atmósfera como un

medio coherente, de constitución elástica, susceptible por ello de ser adoptado como vehículo de las ondas electromagnéticas.



Cámara autónoma con antena de microondas, que envía la señal captada a una unidad móvil o a un centro emisor más o menos próximo.

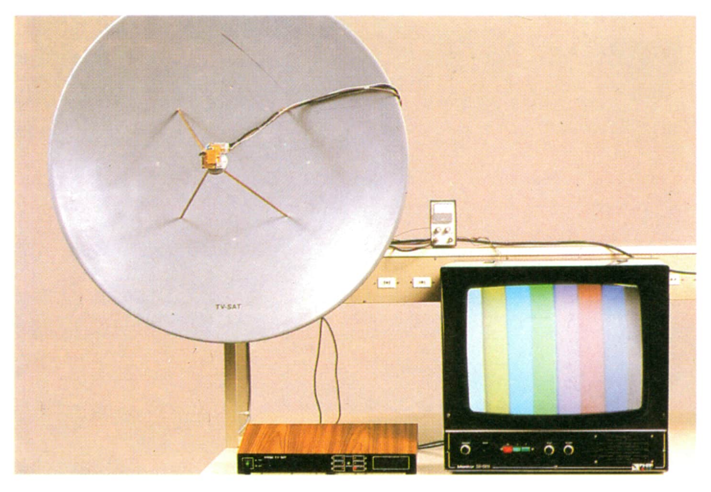
Einstein determinó que estas ondas de igual manera que las luminosas, con las que mantienen gran semejanza por sus características ondulatorias, actúan como si se tratase de masas y, por ello, pueden ser valoradas con respecto a su constitución y a su peso.

Establecido el principio de que constituyen un medio

elástico, se admite que el globo terráqueo se halla totalmente rodeado de una masa de partículas atómicas que en estado de reposo carece de actividad, pero al ser comprimida mediante perturbaciones adecuadas, origina vibraciones que se propagan en todos sentidos y bajo determinadas condiciones permiten su manifestación.

Paralelismo entre ondas luminosas y hertzianas

Si bien existe semejanza en muchos aspectos entre las ondas lumínicas y las electromagnéticas, existen asimismo notables divergencias. Su velocidad de propagación es la



La transmisión de señales por vía de microondas, puede efectuarse para enlaces tercianos terrestres o por vía satélite. En cualquier caso, debe adecuarse la frecuencia de transmisión a una frecuencia intermedia mucho menor, que es a la que trabajan los equipos de entrada o de salida de la señal (frecuencia intermedia).

misma, cifrándose en 300.000.000 m/s, pero se estima que las ondas visibles de la luz se difunden en línea casi recta, amoldándose a la superficie de la Tierra debido al efecto que efectúa sobre ella el peso de la atmósfera, en tanto que las hertzianas tienen tendencia, posiblemente por su peso más reducido, a evadirse de la misma, lo que no consiguen más que parcialmente en virtud de la existencia de la capa de Kennelly-Heaviside, a la cual nos referiremos más adelante.

Longitudes de onda

Debido a la elevada cantidad de ondas existentes, incluso dentro de las transmisibles por el espacio, resulta conveniente referirse a las más utilizadas (figura 39) advirtiendo que en cuanto atañe a las transmisiones se han redondeado sus valores para mayor facilidad de retención.

Es patente la disparidad que existe en las diversas longitudes que corresponden a la gama luminosa, cada uno de los infinitos colores existentes tiene un valor que no puede considerarse como absoluto, dada su infinita variedad.

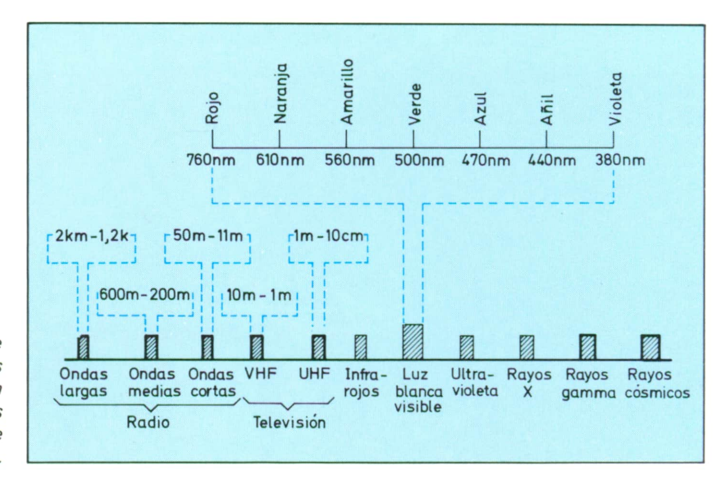


Figura 39. Longitudes de onda establecidas para las distintas frecuencias, con arreglo a las normas internacionales que se han dispuesto a tal efecto.

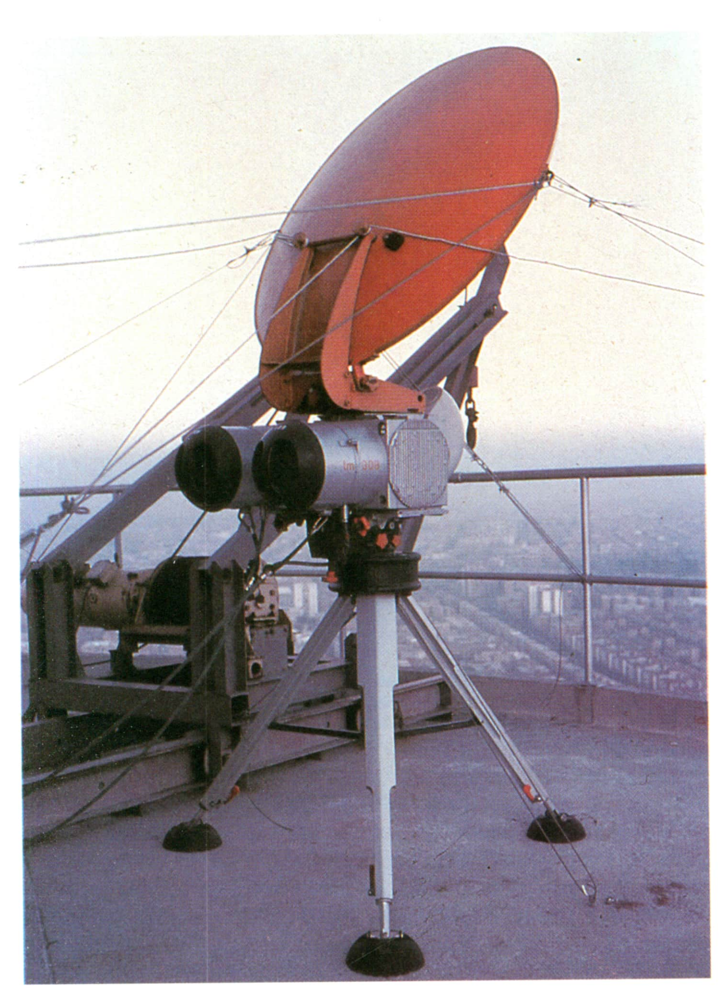
Cada uno de los diversos matices tiene una longitud distinta. Tomando como ejemplo el azul, es evidente que la tonalidad del azul celeste es muy distinta de la que presenta el azul prusia, existiendo entre ambos tonos una elevadísima cantidad de matices, lo que justifica la extensión de la banda que le corresponde.

La longitud de onda correspondiente a la banda de *ondas largas* se ha designado en kilómetros, mientras que se expresa en metros la longitud de las emisiones incluidas en las bandas de *onda media* (conocida también como *onda normal*) y *onda corta*, descendiendo luego a las *ondas*

métricas y *ondas centimétricas*. La longitud de onda de los colores integrantes de la luz ha sido expresada en nanómetros, submúltiplo valorado en 10^{-9} m.

Longitudes de onda de los canales de video

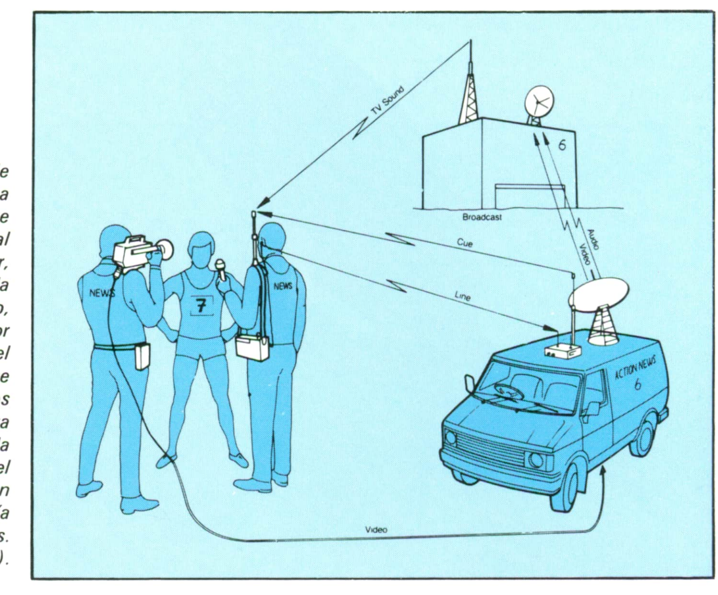
Debe considerarse que la televisión requiere una banda extremadamente ancha para poder acomodar las dos



Equipo de enlace por vía microondas para las señales de televisión. Los acontecimientos que interesan al público, suceden con frecuencia lejos de los estudios de televisión; en este caso las unidades móviles, recogen con sus cámaras los eventos, y una vez que el realizador escoge una imagen y un sonido, los envía por una red de repetidores capaces de alcanzar varias decenas de kilómetros. En los estudios, se demodula la señal de microondas, y se extrae el video y el audio originales, que ya pueden ser emitidos desde la emisora.
(Cortesía: TVE).

modulaciones requeridas (video y audio) pero uno de los principios de las comunicaciones inalámbricas determina que la susceptibilidad al ruido de un sistema de transmisión es proporcional a la amplitud de su banda, especialmente al utilizar la modulación de frecuencia.

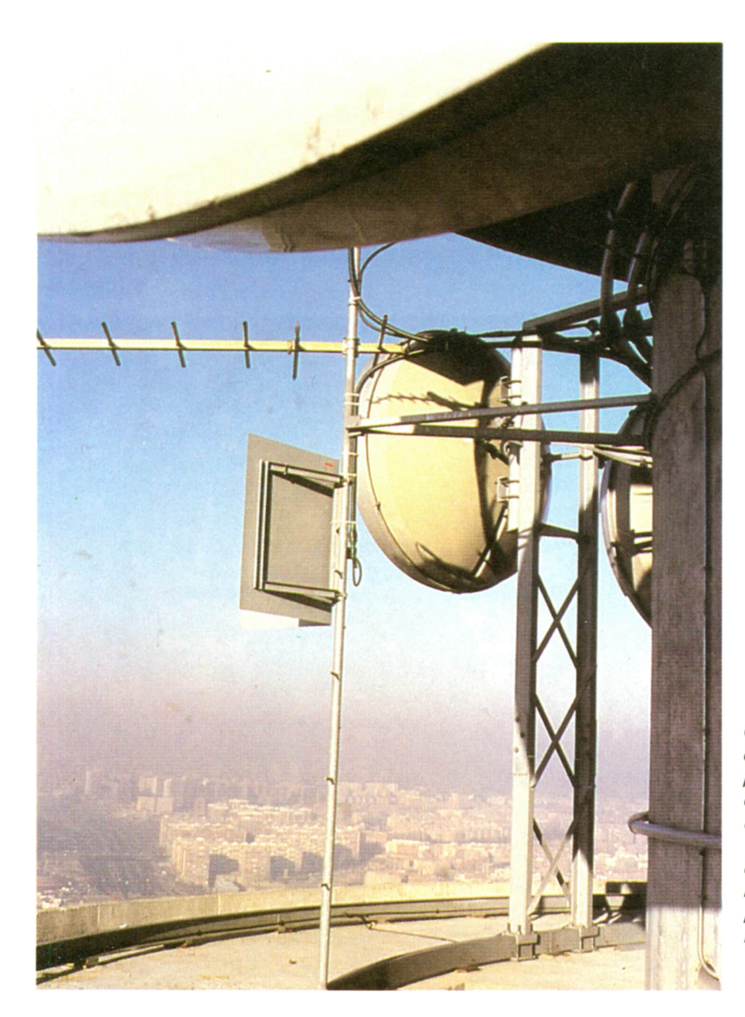
Este hecho queda agravado por la facilidad de captación de las interferencias motivadas por los sistemas de encendido (ignición) de los automóviles que, debido a las dimensiones de sus bujías, son sintonizables en las bandas de video.



Ejemplo de funcionamiento de una cámara autónoma, que efectúa un reportaje al aire libre. El entrevistador, recibe las órdenes de la emisora por radioteléfono, y a su vez las envía por este medio hacia el vehículo donde se efectúan los oportunos controles; allí se incorpora el video procedente de la cámara y ambos, con el nivel adecuado, se llevan a los estudios vía microondas. (Cortesía: Sony-Procom).

Clasificación de las ondas por sus características

El ya mencionado hecho de la existencia de una cantidad casi imponderable de ondas electromagnéticas, hace extremadamente difícil y amplia su clasificación. Procurando ceñirnos a las ondas específicamente relacionadas con las comunicaciones mencionaremos, sólo de pasada, las caloríficas y las frigoríficas, indudablemente electromagnéticas dado que son generadas por medios eléctricos y que se transmiten por el espacio, siendo posible que, en un plazo más o menos breve, llegue a ser una realidad su transmisión a distancia.



Grupo de antenas que existen en las proximidades o sobre las emisoras de televisión. Se observan antenas de FM, VHF, UHF, parábolas de enlace terrestre por microondas, y una parábola mayor para la recepción y transmisión vía satélite. (Cortesía: TVE).

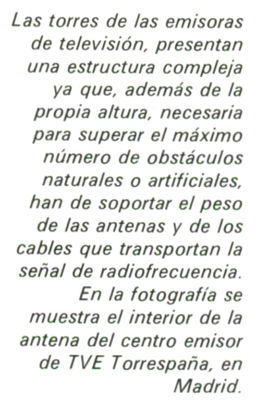
Ondas terrestres o telúricas

Son las que se transmiten a nivel de las capas superiores de la Tierra que actúan en calidad de masa elástica, llegando en determinadas condiciones a propagarse hasta elevadas distancias.

Su estudio queda circunscrito momentáneamente a la

radiestesia, denominación dada a la técnica de localizar oquedades, vetas de agua, minerales, que algunas personas extremadamente sensibles detectan por medio de varillas de avellano, péndulos o aparatos científicamente concebidos que determinan su existencia y características a base de valorar la capacidad existente entre la armadura de un enorme condensador (la Tierra), siendo la otra armadura del mismo el sujeto que procede a su investigación.





Las torres de las emisoras de televisión, presentan una estructura compleja ya que, además de la propia altura, necesaria para superar el máximo número de obstáculos naturales o artificiales, han de soportar el peso de las antenas y de los cables que transportan la señal de radiofrecuencia. En la fotografía se muestra el interior de la antena del centro emisor de TVE Torrespaña, en Madrid.

Es preciso también tener en cuenta la existencia de ondas celestes, originadas por la acción solar o de algún planeta, cuyas características se estudian de manera permanente. Se clasifican en continuas o amortiguadas, con arreglo al hecho de que en su difusión no tengan cambio alguno en su frecuencia o experimenten una determinada amortiguación.

Propagación de las ondas

La enorme capa gaseosa que rodea la Tierra y que posibilita la transmisión de las ondas tiene diferente densidad conforme va alejándose de ella y si en su parte más cercana actúa como un excelente medio difusor, en lo que afecta a sus capas superiores, actúa en el sentido de impedir

que sus vibraciones se pierdan en el espacio interplanetario.

Así, hasta unos 15 km de altura se aprecia una capa gaseosa que circunda la superficie terrestre; se trata de una zona que tiene condiciones favorables para la difusión ondulatoria sin oponerse a sus movimientos. El oxígeno en conjunción con hidrógeno y reducida cantidad de ozono y otros gases, trabaja en calidad de vehículo para ello, siendo un medio altamente adecuado para la transferencia de energía.

Estratosfera

A continuación de esta capa y sin la menor discontinuidad se halla otra, también de gran irregularidad en su grueso, en cuya parte inferior se patentiza una notable carencia de oxígeno, pasando luego a una zona intensamente ionizada y, por tanto, de mayor densidad. Su riqueza en ozono determina el nombre de *ozonosfera*. Cabe dividir esta capa envolvente en una variada cantidad de zonas con arreglo a sus características; en su totalidad tiene unos 75 km de espesor y estando situada a una altura de unos 70 km sobre el nivel terráqueo, llega a extenderse hasta 145 km de altura y se conoce genéricamente con el nombre de *estratosfera* (figura 44*a*).

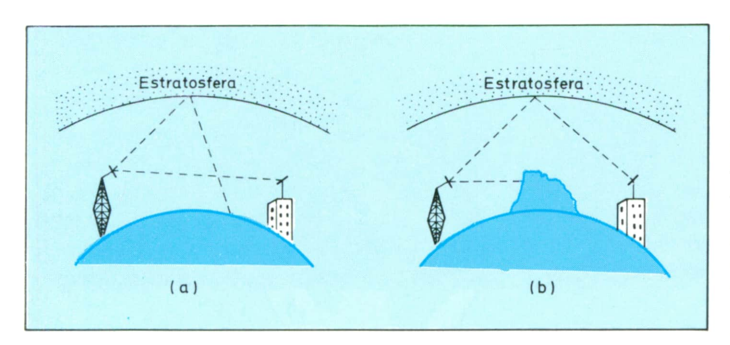


Figura 44. a) La capa de kennelly-Heaviside, que rodea a la Tierra a una altura aproximada de 75 km, está dividida en diversas zonas, con arreglo a su grado de ionización, que puede ser distinto en determinadas condiciones y de manera concreta al interrumpirse la acción de los rayos solares;
b) La acción reflejante de la ionosfera hace posible muchas veces la captación de una onda que no llegaría directamente hasta el receptor.

Merced a la actuación del sector más intensamente ionizado, se consigue que las ondas electromagnéticas sean rechazadas hacia la Tierra por un efecto de reflejo que muy bien puede ser comparado con el que experimenta una onda luminosa al incidir sobre un espejo o superficie de reflexión.

En la figura precedente se pone de manifiesto el hecho de que al emitirse unas ondas que se propagan en todas direcciones constituyendo lo que se conoce como *tren de ondas*, una parte de ellas son rechazadas por la capa reflectante, retornando a la Tierra sin poder captarse, en tanto que una onda directa es recibida por un elemento captador (antena).

De manera contraria, la figura 44*b* pone de manifiesto que la onda directa halla un obstáculo infranqueable en su trayectoria horizontal, pero la onda reflejada puede captarse de manera perfecta. Esta propiedad hace posible la difusión de las ondas a mayor distancia, según se ilustra en la figura 45, en la que tenemos la capa de «Heaviside», nombre dado indistintamente a toda la zona atmosférica que es más rica en iones, la cual trabaja como estación retransmisora de una onda a distancia mayor que la alcanzada por una onda directa.

DESVANECIMIENTO DE LAS SEÑALES

La existencia de esta capa reflectante proporciona una

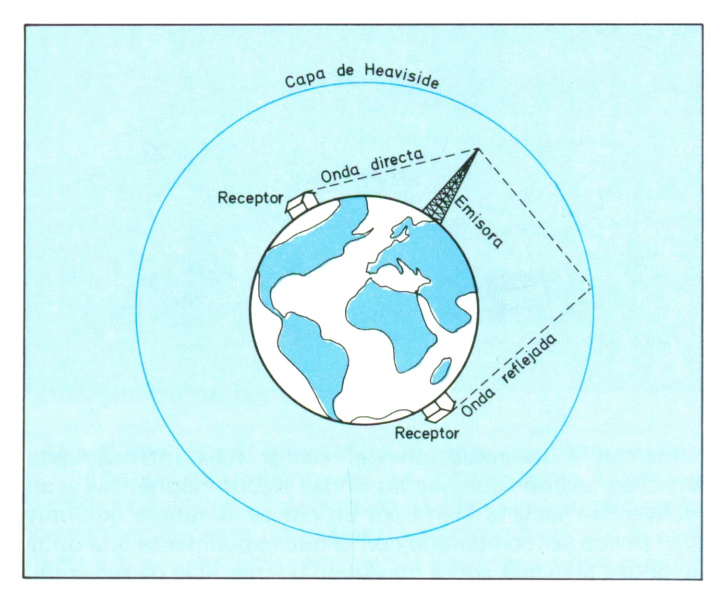
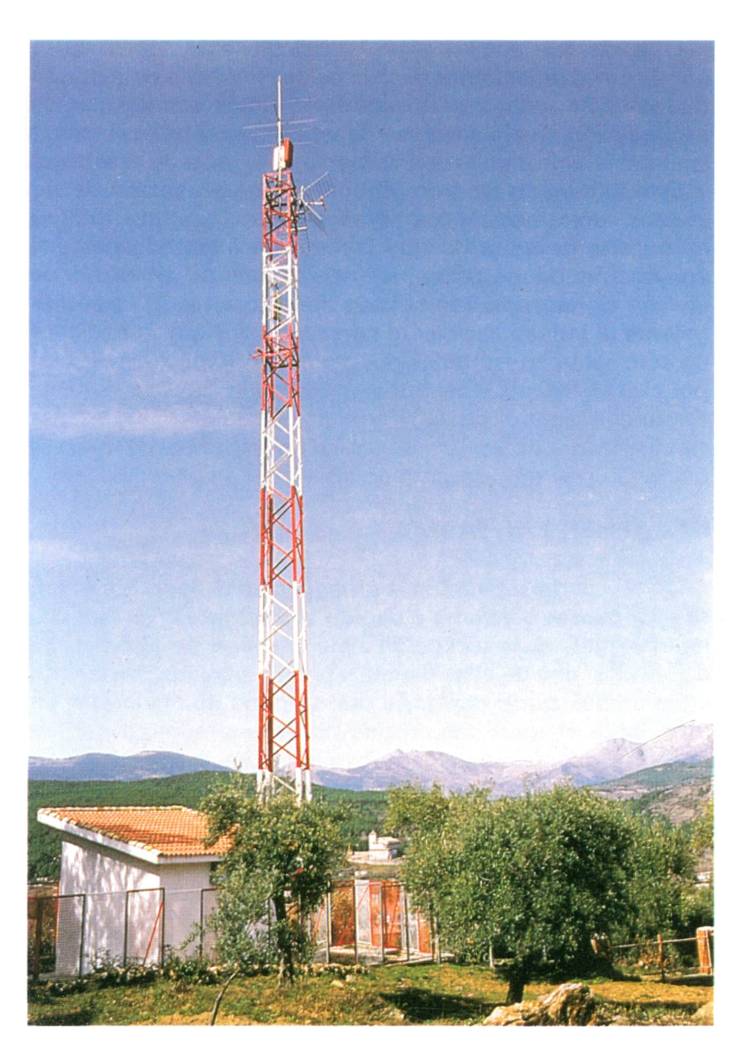


Figura 45. La actuación de la capa de Heaviside, hace posible que una onda reflejada, se capte a mayor distancia que si se tratara de una onda directa.



Dado que las emisoras de televisión no pueden superar todos los accidentes orográficos, es preciso recoger la señal original en los lugares más elevados, y reexpedirla hacia aquellos lugares que lo precisan; este es el método de trabajo de los reemisores.

explicación plausible al fenómeno conocido con el nombre de *desvanecimiento,* que consiste en una debilitación de la amplitud o de la intensidad de la recepción, la cual generalmente es bastante breve y no tiene su origen en las condiciones de trabajo de la emisora. Esta alteración se conoce bajo el nombre inglés de *fading.*

Otra de las causas que modifican notablemente las condiciones reflectantes de la capa de Heaviside es la acción de los rayos solares, apreciándose mejores condiciones de propagación en el transcurso de las horas nocturnas cuando la atmósfera deja de experimentar la influencia de este astro.

Este fenómeno ha sido atribuido a la atenuación de los efectos ionizantes de los rayos solares, haciendo todavía más cierta la teoría de que la luz está integrada por una conjunción de corpúsculos, más o menos sólidos, que ejercen cierta oposición al paso de las ondas. Se hace más patente la influencia solar al considerar que sus radiaciones no sólo están constituidas por moléculas luminosas visibles por el ser humano, sino también por radiaciones ultravioleta (incluidas dentro de la clasificación de ondas) que se caracterizan por ser invisibles, pero influyen de manera decisiva en la propagación de las electromagnéticas.

IMAGENES FANTASMA

Un efecto del retardo en la propagación de las ondas, bien sea por causas cósmicas o debido a la actuación de factores interferentes, es la recepción simultánea en un televisor de dos ondas, una de ellas directa y la otra reflejada, existiendo entre ambas cierto desfasaje que se pone de manifiesto en una doble imagen patentizada como una sombra que se presenta generalmente a la izquierda de la principal. La figura 47 representa la recepción simultánea de dos ondas.

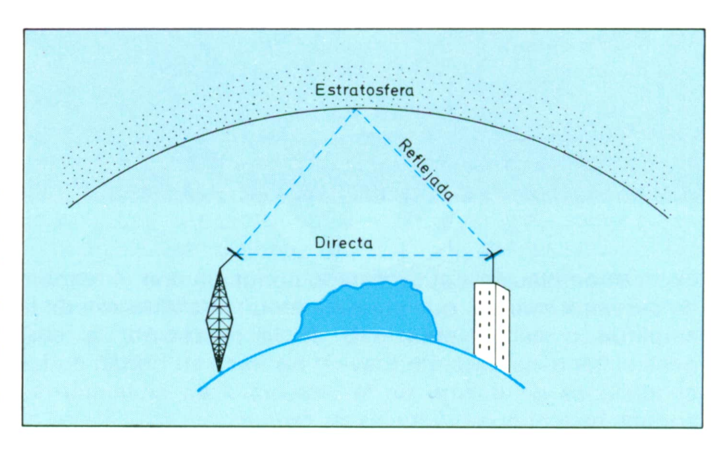
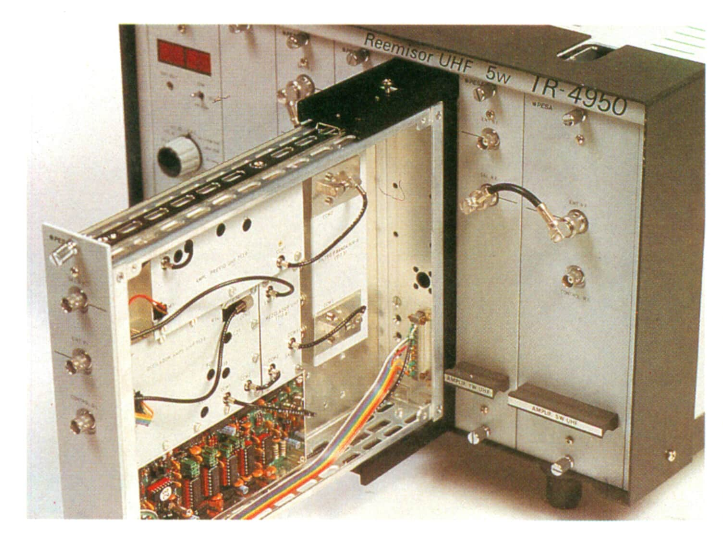


Figura 47. En algunas ocasiones, cabe la posibilidad de captación simultánea de una onda reflejada y otra directa, que al hallarse desfasadas entre sí, motivan la producción de una imagen fantasma debilitada, a la izquierda de la real.

DIRECCIONALIDAD DE LAS ONDAS

Ya hemos puesto de manifiesto que las ondas electromagnéticas se difunden en todas direcciones a partir de la antena de transmisión, si bien se aprecia su tendencia a hacerlo ciñéndose a la superficie de la Tierra, lo cual determina que, prácticamente, su expansión se realice en línea horizontal, característica que se tiene en cuenta al proyectar las antenas receptoras de tipo tradicional, así como el conjunto de los elementos que, en muchos casos, se les agrega.



Reemisor de UHF. Los reemisores recogen la señal de TV por un determinado canal, y en la salida la entregan por otro canal; de este modo no existirán interferencias en aquellas zonas que estén cubiertas por los dos canales.
(Cortesía: PESA).

No obstante, al tratarse de las ondas comprendidas en la gama de videofrecuencia se hace necesario desviarlas de su camino a fin de concentrarlas en un sector determinado y en tal caso se recurre a la modalidad de *haces dirigidos.*

Esta técnica, cuyos inicios se remontan al año 1939 y que, lógicamente, ha sido objeto de incesantes perfeccionamientos, ofrece muy notables ventajas, y si en sus primeros tiempos se aplicó, de manera exclusiva, a las transmisiones de mensajes secretos reservados para la captación de una determinada base receptora, en la actualidad ha sido adaptada para su empleo en aplicaciones comerciales, aprovechando su elevada capacidad de transmisión y su

limitada degradación de las señales. Merced a este sistema se consiguieron subsanar la mayor parte de los inconvenientes peculiares de la transmisión en videofrecuencia, inconvenientes que se patentizaban en forma muy notable en aquellos sectores en los que la geografía se caracterizaba por sus obstáculos orográficos.

Por medio de su empleo, ha llegado a constituirse en los últimos años una invisible tela de araña de gigantesca superficie que llega a cubrir la totalidad de continentes, haciendo posible no sólo un enlace instantáneo con cualquier parte del globo, sino también la superación de las limitaciones impuestas por la forma de propagarse las longitudes de onda propias de los canales de televisión, que se caracterizan por su alcance visual, inconveniente que obstaculizaba que franqueasen los océanos y que ha sido resuelto a base de la instalación de estaciones repetidoras y aún de manera más decisiva por medio del establecimiento de satélites artificiales (figura 49).

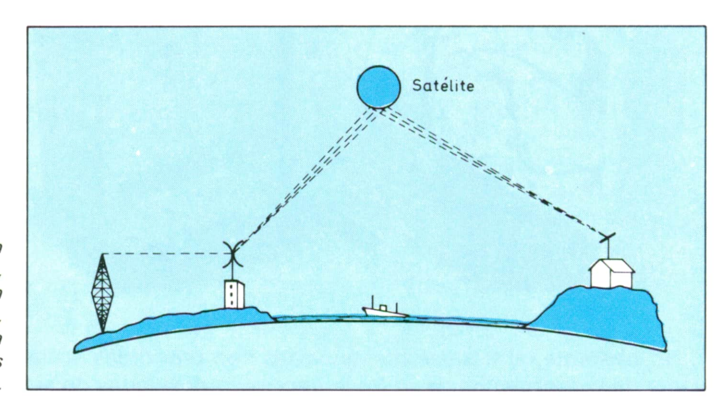
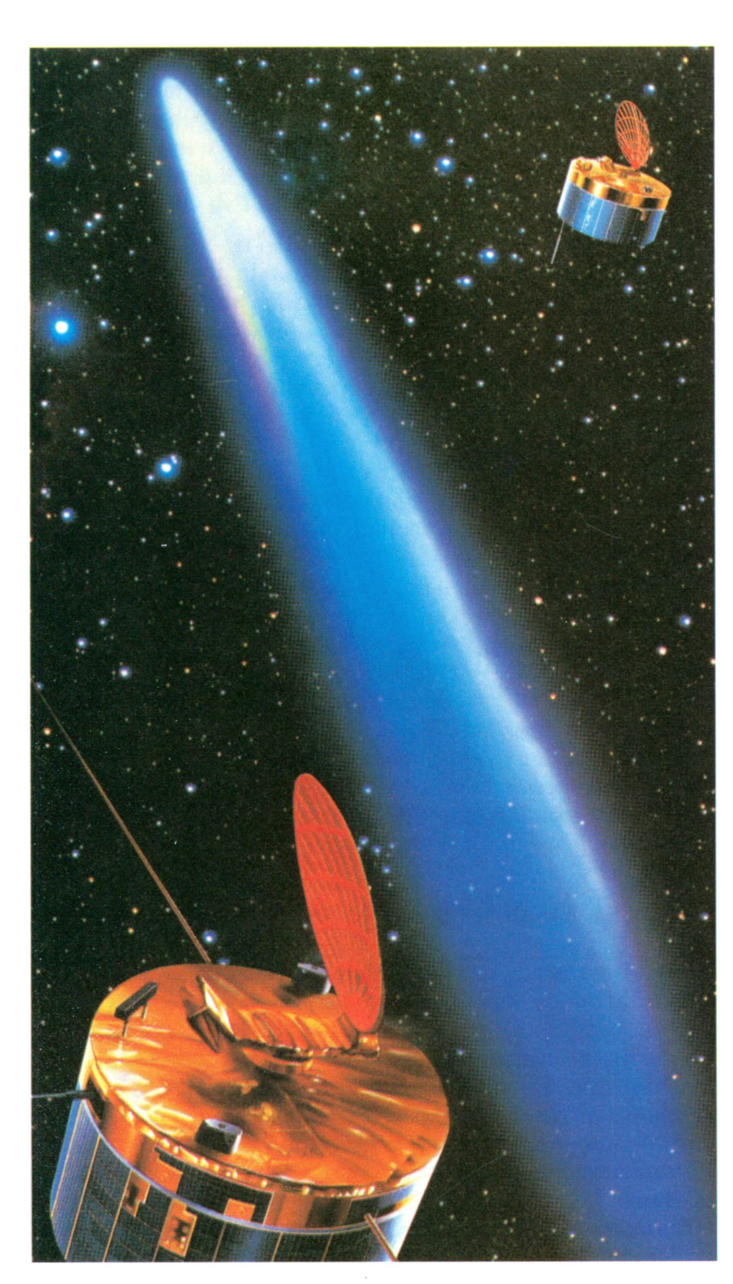


Figura 49. La utilización de los satélites artificiales, hace posible la recepción de las señales de video, cuyo alcance óptico sería imposible en condiciones normales.

MUNDOVISION

Por medio de estos satélites artificiales, que evolucionan a muy considerable altura y se mantienen en órbitas geoestacionarias, este sistema de retransmisión de las ondas electromagnéticas, que se designa bajo el nombre de *Mundovisión*, permite retransmitir en directo toda clase de imágenes, incluso desde la Luna y con todo rigor cabe



Satélite SUNSEI, que ha sido recientemente dispuesto para encontrarse con el cometa Halley en el mes de marzo de 1986, y efectuar una exploración sobre la configuración del núcleo y de la larga cabellera del cometa. Las imágenes recogidas por una cámara de televisión han sido transmitidas a 170 millones de kilómetros hacia la Tierra, aprovechando la concentración de las señales de radiofrecuencia en la parábola.

presagiar que los constantes avances que se consiguen reservan a esta modalidad un vastísimo campo de aplicaciones.

HACES HERTZIANOS

Esta técnica de difusión, que también es conocida bajo el nombre de *canal hertziano*, consiste en la concentración de la energía electromagnética irradiada por parte de una antena de tipo especial, generalmente parabólica, en una dirección determinada.

Esta modalidad resulta particularmente indicada para su empleo con ondas de frecuencia ultraelevada (UHF), hiperfrecuencias comprendidas entre 300 y 10.000 MHz decimétricas y centimétricas, habiéndose llegado a la adopción de antenas giratorias de este tipo análogas a las que son utilizadas en la técnica del radar.

A tales frecuencias, los enlaces a través del espacio consiguen cierta inmunidad frente a toda clase de perturbaciones, bien se trate de las de tipo atmosférico o de las industriales, cuyo espectro se atenúa con gran rapidez al rebasarse los 200 MHz, si bien no ha podido conseguirse el mantenimiento de las características de las ondas centimétricas que se atenúan muy sensiblemente debido a la existencia, en las capas atmosféricas cercanas a la Tierra, de una notable cantidad de partículas de dimensiones bastante grandes en relación con la longitud de onda, entre las cuales cabe citar la nieve, granizo, lluvia y niebla.

ENLACES MEDIANTE RAYOS LASER

En el transcurso de los últimos diez años ha venido desarrollándose una nueva técnica de transmisión-recepción que tiene su fundamento en las notables propiedades de los rayos láser o *luz coherente*, nombre formado por las iniciales de la frase inglesa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiations*; o sea, *amplificación de la luz por emisión secundaria de radiaciones*, cuya actuación permite obtener una elevada energía dentro del reducido ángulo de apertura de los haces emitidos.

Una de las principales características de estos rayos es su orientabilidad, hasta el punto que la divergencia de un rayo

de luz generado por un aparato productor no rebasa una fracción de minuto angular, diferencia tan reducida que si este rayo se dirige a la Luna divergirá menos de 10 km del punto previsto.

De igual manera, se dispone de una notable capacidad de concentración, debido a que la frecuencia de la onda generada es muy alta y cae dentro de la gama de los rayos infrarrojos, gama comprendida en las longitudes de onda del orden micrométrico.

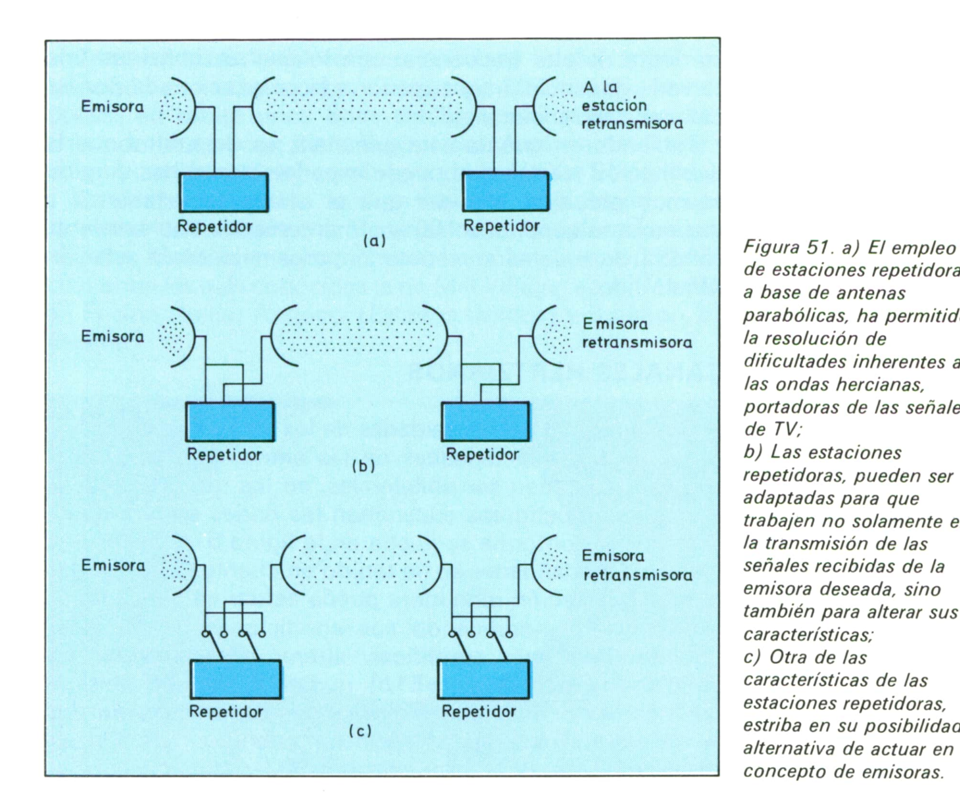


Figura 51. a) El empleo de estaciones repetidoras, a base de antenas parabólicas, ha permitido la resolución de dificultades inherentes a las ondas hercianas, portadoras de las señales de TV; b) Las estaciones repetidoras, pueden ser adaptadas para que trabajen no solamente en la transmisión de las señales recibidas de la emisora deseada, sino también para alterar sus características; c) Otra de las características de las estaciones repetidoras, estriba en su posibilidad alternativa de actuar en concepto de emisoras.

Puede tenerse la seguridad de que nos hallamos en el punto inicial de una nueva técnica que tendrá muy amplias aplicaciones no sólo en lo concerniente a las comunicaciones, sino también, de manera decisiva, en múltiples aparatos

electrodomésticos. En la actualidad, los rayos láser han sido aplicados con pleno éxito a la también incipiente técnica de los haces hertzianos dirigidos, permitiendo conseguir enlaces a muy larga distancia, entre los que cabe mencionar los establecidos entre la Tierra y los satélites artificiales, vislumbrándose su actuación en el establecimiento de comunicaciones con la Luna, Marte, Venus, Júpiter, Saturno, etc.

Para la formación de grupos de ondas dirigidas se recurre a frecuencias de la gama de 4.000 MHz, empleando antenas parabólicas de elevado diámetro (3 metros) alimentadas por corriente de alta frecuencia, con lo cual se consigue una elevada ganancia, muy superior a la proporcionada por las antenas convencionales.

Teniendo en cuenta esta ganancia, se determina que la debilitación teórica que puede experimentar el haz dirigido es muy reducida, siempre que el enlace se establezca a distancia no superior a 100 km, manteniendo una excelente calidad de recepción y óptimo porcentaje en la relación señal/ruido.

CANALES HERTZIANOS

Con arreglo a las necesidades de los sectores a cubrir, así como de las características de las emisiones, los canales hertzianos pueden ser unilaterales, en los que las diversas estaciones repetidoras encaminan las ondas en una dirección única, conforme se ilustra en la figura 51*a*, bilaterales, en cuyas modalidades se ha tenido en cuenta la posibilidad de que la estación repetidora pueda actuar en concepto de retransmisora modificando sus condiciones de trabajo y habilitándola para amplificar, alterar o retransmitir los impulsos captados (figura 51*b*), pudiendo también considerarse la posibilidad de que ambas emisoras sean de tipo reversible, es decir que su actuación pueda ser alternativa y consecutivamente, transmisora-repetidora (figura 51*c*).

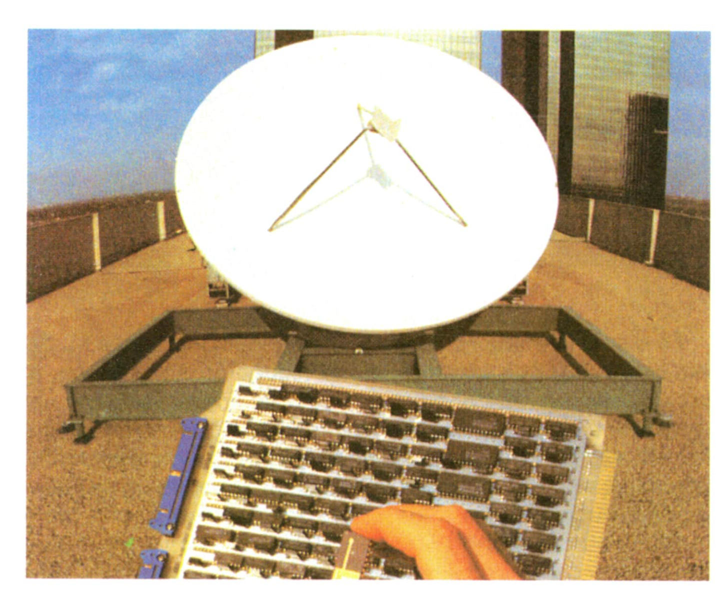
Para conseguir una absoluta idoneidad, tanto para la transmisión de sonidos como de imágenes monocromáticas o policromáticas y cualquiera que sea su definición (819 ó 625 líneas) ha sido adoptada una banda pasante de suficiente margen, 30 MHz, que asegura un porcentaje muy reducido de distorsión.

ENLACES HERTZIANOS TIERRA-ESPACIO-TIERRA

La implantación de la modalidad de ondas electromagnéticas dirigidas se realizó antes de que se lanzasen los satélites al espacio, de tal manera que al utilizarse este medio de comunicación espacial ya se habían establecido las principales estaciones piloto y secundarias que hicieron posible realizar los programas de Eurovisión.

Hacia 1963 se puso en órbita el *Eco II* que viene evolucionando a 1.600 km de altura. Casi tres años después el *Telstar I* hizo posible el primer enlace transatlántico de televisión y en el transcurso de los años 1970 a 1983 se han puesto en órbita unos doce satélites artificiales que han enlazado Moscú con París, Europa con América del Norte y cubren la totalidad del continente de la Unión Soviética.

De manera paralela se han venido implantando una cantidad bastante elevada de estaciones receptoras-emisoras, que mantienen relación con estos satélites, pudiendo citar entre las más conocidas la de Mill Village, en el Canadá, en Fucino (Italia) Andover (Estados Unidos) y Buitrago, en España.



Procesador digital de señal TMS 320, formando parte de un modulador/demodulador, empleado en las comunicaciones de TV vía satélite.
(Cortesía: Texas Instruments).

SATELITES GEOESTACIONARIOS

La puesta en órbita del tipo de satélite denominado *geoestacionario*, que se caracteriza por no mantenerse fijo en el espacio sino que gira en sincronismo con el movimiento de rotación de la Tierra, ha llevado a simplificar de manera extremadamente notable el problema de los enlaces.

En la figura 53 se representa la modalidad de difusión directa hacia los receptores que han de permitir que, bien se trate de un receptor de televisión relacionado con una antena individual de características corrientes o de varios televisores en conexión con una antena colectiva, puedan sintonizar las emisiones en videofrecuencia, realizadas en cualquier parte del orbe, a partir de una cadena de satélites.

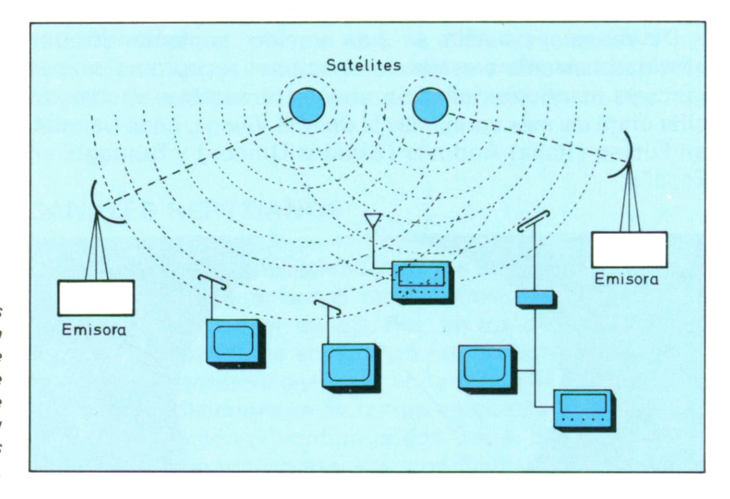


Figura 53. Los satélites geoestacionarios, cubren un amplísimo campo de recepción, que se mantiene mientras no se cambie su órbita o su posición relativa a las antenas.

La disposición de estos elementos geoestacionarios ha de hacer posible que las antenas de recepción actúen con la mayor eficacia, pero además, que se logre su extrema simplificación, pudiéndose conseguir la óptima captación de las señales con un simple dipolo desprovisto de elementos parásitos; está determinado que para disponer de un sistema de distribución de las ondas electromagnéticas que cubran la totalidad del globo terráqueo, basta con poner en órbita tres satélites con una separación de 120º entre sí.

